

Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Diagnostika hydraulického obvodu měřícím přístrojem Hydac

Diagnostics of the Hydraulic Circuit by the Measuring

Instrument Hydac

Student:

Tomáš Sedláček

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Lumír Hružík

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Sedláček**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení**
Téma: **Diagnostika hydraulického obvodu měřicím přístrojem Hydac**
Diagnostics of the Hydraulic Circuit by the Measuring Instrument Hydac

Zásady pro vypracování:

1. Popište možnosti měření přístrojem HMG 3000 Hydac.
2. Proveďte měření tlaků na vybraném hydraulickém obvodu.
3. Zpracujte naměřené veličiny s využitím software pro přístroj HMG 3000.
4. Zpracujte stručný návod pro měření přístrojem HMG 3000 Hydac včetně zpracování naměřených veličin.

Seznam doporučené odborné literatury:

WILL, D.; GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2008, 4. vyd., 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.

KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha: SNTL, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.

HYDAC ELECTRONIC GMBH. *Handmessgerät HMG 3000, Bedienungsanleitung*. Saarbrücken, Mat.-Nr.:669710, 76 s. manuál.

HRUŽÍK, L. *Experimentální úlohy v tekutinových mechanismech*. [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 61 s., <<http://www.338.vsb.cz/studium9.htm>>, ISBN 978-80-248-1912-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr.Ing. Lumír Hružík**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

Kozubková

prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry



Farana

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2012


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst.3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které bylo VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženo (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2012.....

Tomáš Sedláček
Vančurova 443/30
Bruntál 792 01


.....
podpis

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sedláček, T. *Diagnostika hydraulického obvodu měřícím přístrojem Hydac: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2012, 51 s. Vedoucí práce: Hružík, L.

Tato bakalářská práce se zabývá popisem přístroje HMG 3000 pro měření v hydraulických a pneumatických obvodech. Práce obsahuje detailní popisy jednotlivých funkcí, které přístroj nabízí. Práce také obsahuje stručný návod do měření. V práci je realizováno měření tlaků přístrojem HMG 3000 na zkušebním hydraulickém obvodu pro měření modulu objemové pružnosti kapaliny a hydraulického vedení. Výsledkem této práce je to, aby každý čtenář této práce byl schopen bez problémů ovládat všechny funkce přístroje HMG 3000. V práci jsou obsažena anglická slova z důvodu popisu prostředí a funkcí přístroje, které jsou v anglickém jazyce.

THE ANNOTATION OF THE THESIS

Sedláček, T. *Diagnostics of the Hydraulic Circuit by the Measuring Instrument Hydac: bachelor thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2012, 51 p. Thesis head: Hružík, L.

This bachelor thesis is dealing with the description of HMG 3000 instrument which is used for the measuring in hydraulic and pneumatic circumferences. This work includes detailed descriptions of particular functions which this instrument offers. In this work there also is a brief guide on how to measure. In this work there is implemented the measuring of pressure by HMG 3000 on trial hydraulic circumference for measuring the volumetric module of elasticity and hydraulic line. The aim of this work is that every reader of this would be able without any problem to use all of the fuctions the HMG 3000 offers. This work contains english expressions because it is needed to describe all the fuctions and settings of the instrument which are in English language.

Obsah

Úvod.....	- 8 -
1. Informace o měřicím přístroji HMG 3000	- 9 -
1.1 Podmínky pro používání přístroje	- 10 -
1.2 Napájení a baterie	- 10 -
1.3 Vnější popis přístroje.....	- 11 -
1.4 Konektory	- 11 -
2. Snímače pro HMG 3000	- 12 -
2.1 Snímače pro měření tlaku (řada HDA 4700).....	- 12 -
2.2 Snímače pro měření teploty (řada ETS 4000)	- 13 -
2.3 Snímače pro měření průtoku (řada EVS 3100)	- 13 -
2.4 Snímač pro měření otáček (typ HDS 1000).....	- 13 -
3. Práce s měřicím přístrojem HMG 3000	- 14 -
3.1 Prostředí při spuštění přístroje	- 14 -
3.2 Připojení snímačů	- 15 -
3.3 Nastavení zobrazení aktuálně měřených hodnot	- 15 -
3.4 Nastavení měřicích kanálů.....	- 16 -
3.5 Snímání rozdílů tlaku.....	- 19 -
3.6 Vynulování měřicích kanálů.....	- 19 -
4. Možnosti měření.....	- 21 -
4.1 Měření se záznamem	- 21 -
4.2 Jednoduché měření	- 22 -
4.3 Měření se spouštěčem.....	- 24 -
4.4 Protokol událostí.....	- 27 -
4.5 Typy událostí pro spouštěč	- 27 -
4.6 Propojení událostí	- 28 -
5. Vyhodnocení naměřených dat	- 31 -

5.1	Práce s grafy v HMG 3000	- 31 -
6.	Ukládání nastavení	- 33 -
7.	Software HMGWIN 3000	- 34 -
7.1	Připojení HMG 3000 k PC	- 34 -
7.2	Ovládání HMG 3000 z PC.....	- 35 -
7.3	Kopírování nahrávek z HMG 3000 do PC	- 37 -
7.4	Převádění dat ze souborů s příponou herf do jiného formátu.....	- 38 -
7.5	Práce s grafy v HMGWIN 3000	- 40 -
8.	Měření průběhu tlaku při plnění hadice a trubky kapalinou	- 42 -
8.1	Reálné zapojení.....	- 42 -
8.2	Schéma obvodu.....	- 43 -
8.3	Specifikace prvků	- 43 -
8.4	Postup měření	- 44 -
8.5	Měření pomocí HMG 3000	- 45 -
8.6	Grafy v HMGWIN 3000.....	- 46 -
8.7	Grafy vytvořené v software Microsoft Excel	- 47 -
9.	Návod do měření	- 48 -
10.	Závěr.....	- 49 -
11.	Seznam použité literatury	- 50 -

Úvod

Technická diagnostika je důležitou součástí v oblasti pneumatiky a hydrauliky. Pomocí diagnostiky se předchází vzniku poruch. Pokud k poruše dojde, tak se diagnostikuje její příčina, místo poruchy a rozsah poruchy. [12]

Technická diagnostika může být prováděna prvky, které jsou připojeny do diagnostikovaného objektu jen po dobu vlastního měření, nebo trvale připojenými.

Rozdělují se tři základní prostředky pro technickou diagnostiku. Mohou být mobilní, stabilní, ruční. V této době se nejvíce využívá prostředků pro technickou diagnostiku, které fungují na principu elektrického měření neelektrických veličin. Tento typ měření má mnoho výhod, ale nevýhodou je vyšší pořizovací cena měřícího zařízení. Výhody tohoto typu technické diagnostiky jsou:

- Možnost dálkového měření.
- Velká citlivost a přesnost.
- Výstupní signál je buď analogový nebo digitální.
- Možnost přímého nebo nepřímého záznamu, nebo záznam do paměti přístroje.
- Měření se může provádět na více místech měřeného obvodu.
- Možnost měření několika veličin současně.
- Měření lze automatizovat.
- Kompaktní rozměry měřících technik.

Pro technickou diagnostiku lze používat rovněž univerzální měřící přístroj HMG 3000. Jedná se mobilní přístroj malých rozměrů a váhy, což má velkou výhodu pro obsluhu, která s tímto měřícím zařízením pracuje. Tento přístroj může být provozován ve výzkumných odvětvích, může také sloužit pro výukové účely. HMG 3000 je v této době nezbytnou pomůckou u firem zabývajících se technickou diagnostikou v odvětví hydraulických a pneumatických mechanismů. [3]

1. Informace o měřícím přístroji HMG 3000

HMG 3000 je přenosný přístroj pro záznam dat vyšší výkonnostní třídy oproti jiným typům přístrojů od firmy Hydac. Patří k těm nejvýkonnějším. Slouží pro měření v oblasti hydraulických a pneumatických mechanismů. Využívá se především na údržbu, opravy, uvedení do provozu zařízení a strojů, řešení problémů nebo pro různé zkoušky.

Tento přístroj může současně snímat hodnoty až z deseti senzorů. Přístroj je vybaven pěti vstupy pro senzory, je-li třeba připojit více čidel je možné toto číslo zdvojnásobit pomocí adaptéru Y obr. 1.4.2. Firma Hydac nabízí také HSI snímače, nebo-li „Hydac Sensor Interface“ pro měření tlaku, teploty a průtoku, které HMG 3000 sám automaticky rozpozná. HSI snímače jsou tzv. inteligentní snímače, u kterých není potřeba nastavovat parametry do přístroje HMG 3000. Starší typy senzorů Hydac nebo jiné typy snímačů jiných výrobců je možné také použít, ale tyto senzory nejsou vybaveny čidlem automatické detekce, takže je třeba zadat rozsah a výstupní signál snímače ručně.

HMG 3000 je uživatelsky nenáročný, protože má snadné menu vedoucí ke všem jeho funkcím a nastavení za předpokladu, že uživatel má základní znalost anglického, francouzského nebo německého jazyka, protože více jazyků přístroj nepodporuje. Dále přístroj obsahuje číselnou klávesnici v kombinaci s písmeny. HMG 3000 je navržen především pro měření tlaku, teploty a objemového průtoku v hydraulických a pneumatických systémech. Řada dalších měření může být provedena připojením jiných typů snímačů. Kromě toho je také možné stanovit rozdílové hodnoty naměřených veličin jednotlivých senzorů. Například při měření rozdílu tlaků na cloně.

Mimo toho, že HMG 3000 obsahuje analogové měřicí vstupy, je vybaven i dvěma digitálními výstupy. Při provádění rychlých měření a při zapojení všech 8 analogových vstupních signálů může současně zapisovat naměřené hodnoty každých 0,5 ms. Přednost HMG 3000 je jeho schopnost zaznamenávat velmi rychlé procesy odehrávající se ve stroji. K tomu slouží dva vstupní kanály, které jsou schopny zaznamenávat naměřené hodnoty s krokem 0,1 ms, ale za podmínky, že budou použity k tomu vhodné, rychle reagující senzory. Velkou výhodou, kterou nabízí HMG 3000 je jeho schopnost zaznamenávat naměřená data v počítači a vykreslit je do grafu. Je vybaven speciálně vyvinutým software pro rychlý sběr a zpracování dat. Měření může obsahovat až 500 000 naměřených hodnot. HMG 3000 má

vnitřní paměť o velikosti 64 MB, což odpovídá přibližně 60-ti záznamům obsahujících 500 000 naměřených hodnot. Kromě tohoto jednoduchého měření nabízí HMG 3000 také další funkce měření, umožňující sepnutí nebo ukončení měření při dosažení nadefinované hodnoty nebo zaznamenávání dat jen při přesáhnutí nastavených hodnot. To je výhodné hlavně, když se jedná o dlouhé měření, aby nebylo zaznamenáváno velké množství dat.

Dále HMG 3000 umožňuje ukládání v uživatelských profilech. Což znamená, že umožňuje nastavení v jednotlivých profilech, kdykoliv načíst a tím se ušetří čas, než kdyby se nastavovalo celé nastavení snímačů znovu. To má výhodu, když je měřeno zařízení pravidelně tzv. preventivní údržba. [1], [4], [5]

1.1 Podmínky pro používání přístroje

Jednotlivé komponenty HMG 3000 podléhají přísné kontrole a testování, což zajišťuje, že přístroj je velice odolný proti vnějším vlivům a je dodáván ve výborné kvalitě. Tento přístroj lze bezpečně provozovat za předpokladu, že je používán správně v podmínkách určených pro použití. Je nutné dodržovat bezpečnostní pokyny, aby se předešlo nebezpečí pro uživatele nebo poškození samotného přístroje v důsledku nesprávného použití. Provozní teplota přístroje je 0 až 50 °C, skladovací teplota -20 až 60 °C, relativní vlhkost 0 až 70 %. HMG 3000 odpovídá normě bezpečnosti EN61010 a ochraně vlhkosti IP40. [1]

1.2 Napájení a baterie

HMG 3000 obsahuje interní baterii. Pro nabití baterie stačí připojit napájecí kabel do elektrické sítě a do přístroje. Baterie se nabíjí přibližně 5 hodin. Výdrž baterie závisí na počtu připojených snímačů. Za předpokladu, že je baterie plně nabitá, je výdrž baterie:

- Bez senzorů cca 11 hodin.
- Se dvěma senzory cca 9 hodin.
- Se čtyřmi senzory cca 7 hodin.
- S osmi senzory cca 4 hodiny

1.3 Vnější popis přístroje

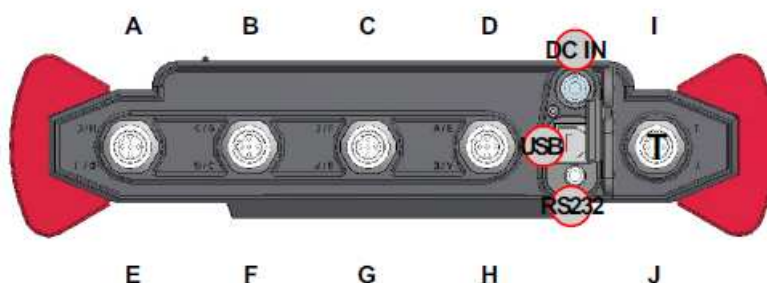


Obr. 1.3 HMG 3000 [1]

Legenda k obrázku 1.3:

- 1 – Zapínací/vypínací tlačítko.
- 2 – Tlačítko pro nastavení intenzity podsvícení displeje.
- 3 – Tlačítko Esc – slouží pro zrušení položky nebo jako funkce jít zpět.
- 4 – Tlačítko Shift – slouží k přepínání mezi číselnou a textovou klávesnicí (je nutné toto tlačítko držet, pro psaní textových znaků na klávesnici).
- 5 – Textová/numerická klávesnice – Bez přidržení tlačítka shift je možno psát tyto znaky: "0 až 9", "."(tečka), "-"(mínus). S přidržením tlačítka shift potom tyto znaky: "a až z". Vymazání písmen: shift + del (současně). Vkládání mezer: shift + ins (současně). Vkládání závorek, lomítek, atp.: shift + 0 (současně).
- 6 – Displej – zobrazování menu a provozních funkcí, naměřených hodnot a grafů.
- 7 – Navigační klávesy a tlačítko OK pro vkládání, uzavření, přijetí nebo uložení položky.

1.4 Konektory



Obr. 1.4.1 Označení vstupů[1]



Y-adapter

Obr. 1.4.2 Rozdvojka[1]

A – D 4 konektory pro vstup čidel s analogovým signálem, tyto vstupy mohou být zdvojnásobeny pomocí Y – adaptéru (rozdvojky) až na 8 vstupů, tím vzniknou vstupy E – H. Tyto analogové vstupní kanály slouží pro měření např. tlaku, teploty.

I/J 1 až 2 konektory pro vstup čidel s digitálním signálem, např. pro měření rychlosti (otáček), průtoku.

DC IN Zásuvka pro napájení.

USB 1 USB konektor pro komunikaci s PC.

RS232 1 sériový port pro komunikaci s PC.

2. Snímače pro HMG 3000

HMG 3000 se používá především pro měření průtoku, tlaku a teploty. Nicméně firma Hydac nabízí další typy snímačů, které lze k přístroji HMG 3000 připojit. Ovšem u některých typů snímačů je třeba použít tzv. redukci, aby bylo možné snímač připojit k přístroji HMG 3000. [11], [13]

Firma Hydac uvádí čtyři základní typy snímačů pro přístroj HMG 3000. U těchto snímačů není nutno používat tzv. redukci. Těmi jsou:

2.1 Snímače pro měření tlaku (řada HDA 4700)

Tento typ snímačů je firmou Hydac vyrobený speciálně pro měřicí přístroje HMG. Jedná se o tzv. inteligentní snímače, takže při připojení snímače k přístroji je automaticky rozpoznám a není třeba jej dále nastavovat. V závislosti na typu snímače lze měřit tlakové rozsahy od (-1 ÷ 1000) bar. Snímače jsou opatřeny závity pro připojení snímače do obvodu. U snímačů s měřícím rozsahem do 1000 bar je snímač opatřen trubkovým závitem G1/2. U snímačů do 600 bar, pak se závitem G1/4. Tato řada snímačů disponuje přesností 0,5 % a velmi malou teplotní chybou. Tlakové snímače se zapojují do analogového vstupu přístroje. [6]

2.2 Snímače pro měření teploty (řada ETS 4000)

Opět se jedná o tzv. inteligentní snímač. Je schopen měřit rozsahy teplot od $(-25 \div 100)$ °C, odolný tlakům do 600 bar. Snímač má pro připojení do měřeného obvodu trubkový závit G1/4. Teplotní snímače se zapojují do analogového vstupu přístroje. [8]

2.3 Snímače pro měření průtoku (řada EVS 3100)

Inteligentní snímač pracující na principu turbíny. Určený pro média o viskozitě od $(1 \div 100)$ cSt. Rozsahy měření průtoku, který je snímač schopen změřit závisí na přesném typu snímače. Nicméně lze vybrat v rozsazích měření průtoku od 1,2 do 600 l/min. Snímač se zapojuje do digitálního vstupu přístroje. Tento snímač je na rozdíl od předchozích snímačů vybavený dalšími přípojnými místy pro připojení snímačů tlaku nebo teploty obr. 2.3.



Obr. 2.3 Snímač průtoku [7]

2.4 Snímač pro měření otáček (typ HDS 1000)

Jedná se o tzv. bezdotykový snímač obr. 2.4, který určuje otáčky tím, že fotonka ve snímači snímá počet odrazů z reflexní fólie. Fólie se umísťuje například na rotující část hřídele nebo na spojku. Tento snímač otáček se připojuje do digitálního kanálu přístroje. [3], [7]



Obr. 2.4 Snímač otáček [7]

3. Práce s měřicím přístrojem HMG 3000

3.1 Prostředí při spuštění přístroje

Po zapnutí přístroje se na displeji zobrazí úvodní stránka, ze které lze vyčíst:

- 1) Výrobce.
- 2) Označení přístroje.
- 3) Aktuální verzi software v přístroji.
- 4) Datum a čas.
- 5) Stav nabití baterie.

Obrazovka se přepne po několika sekundách do režimu naměřených hodnot obr. 3.1, kde se zobrazí seznam připojených senzorů (pokud jsou nějaké připojeny). Zobrazují se zde i aktuální hodnoty snímané čidly a jednotky, ve kterých jsou hodnoty snímány. Písmeny A, B, C, D, E jsou označeny kanály, ve kterých jsou připojeny snímače. Ve spodní liště (liště funkcí) se nachází hlavní menu obsahující:

- 1) „Settings“ (nastavení) – slouží pro nastavování měřicích kanálů, změnu nastavení displeje, nulování čidel, změnu času, jazyka a data.
- 2) „Recording“ (nahrávání) – slouží pro nahrávání měření, grafické vizualizace dat.
- 3) „Extras“ (doplňky) – stopky, údaje o HMG 3000.
- 4) Min/Max – zobrazí maximální a minimální hodnoty naměřené jednotlivými snímači v průběhu měření.

Current Measured Values				
Designation	Value	Unit	Min	Max
A Sensor A	19.4	bar	0.0	100.0
B Sensor B	12.2	bar	4.5	49.5
C Sensor C	77.9	bar	0.0	99.9
D Sensor D	87.9	bar	0.0	100.0
E Sensor E	40.9	bar	0.6	100.0

Settings Recording Extras Min/Max Reset

Obr. 3.1 Prostředí aktuálně měřených hodnot [1]

Při zvolení volby Min/Max se maximální a minimální hodnoty zobrazí na pravé straně displeje obr. 3.1. Nabízí se zde i volba „Reset“ (resetovat), která vymaže aktuální naměřené minimální a maximální hodnoty. Tato volba vymaže hodnoty u všech čidel. Automatické vynulování může nastat v situacích, když dojde k vypnutí a následnému zapnutí přístroje nebo změnou nastavení snímače nebo odpojením a následným připojením snímače do přístroje.

Lze i zjistit, kdy byla čidla vynulovaná a jak dlouho minimální a maximální hodnoty nebyly nulovány. V záložce „Extras“ → “About HMG 3000”.

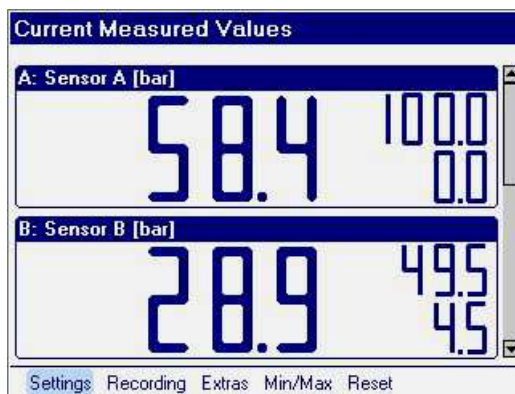
3.2 Připojení snímačů

Po zapnutí přístroje, je třeba připojit senzory s analogovým výstupem do analogových vstupů HMG 3000. Snímače s frekvenčním výstupem se připojí do digitálních vstupů přístroje. Pro připojení snímačů do obvodu musí být obvod opatřen tzv. minimess přípojkami z důvodu připojení tlakových čidel. Pro měření teploty je obvod nutno vybavit teplotními jímkami. Pokud jsou použity snímače s automatickou detekcí, HMG 3000 automaticky rozezná čidla, detekuje rozsah, který jsou čidla schopna změřit a jednotky, ve kterých se budou naměřené hodnoty zobrazovat. Pozor je nutné, aby byla použita čidla s vhodnými rozsahy měřených hodnot, pokud bude v měřeném místě vyšší nebo nižší tlak, než který je schopno čidlo změřit, hrozí tím poškození čidla. Je nutno si tedy uvědomit v jakém rozsahu tlaků se bude měřit a použít k tomu vhodné čidlo.

3.3 Nastavení zobrazení aktuálně měřených hodnot

Režim zobrazení aktuálně naměřených hodnot (hlavní menu) lze zobrazovat v několika různých podobách, jak je ukázáno na obr. 3.1 ve formě tabulky (zobrazení vhodné pokud se měří pěti a více čidla) a na obr. 3.3 (zobrazení vhodné při měření maximálně dvěma snímači),

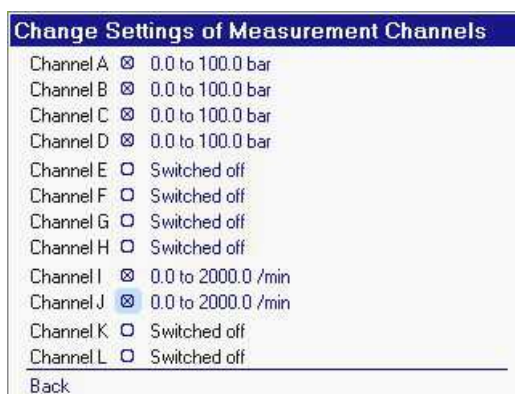
kdy čísla zobrazovaná na displeji pak budou snadno čitelná i z větší vzdálenosti. Pro změnu zobrazení se vybere volba „Settings“ (nastavení) → „Change display settings“ (změna nastavení displeje).



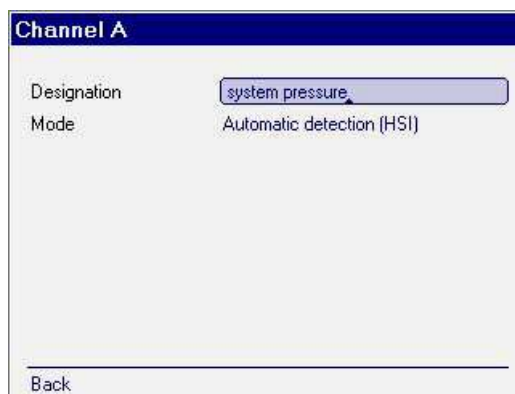
Obr. 3.3 Zobrazení ve dvou oknech [1]

3.4 Nastavení měřících kanálů

„Settings“ (nastavení) → „Change settings of measurement channels“ (změna nastavení měřících kanálů) je cesta do seznamu aktivních kanálů z hlavního menu. Zobrazí se zde seznam všech dostupných kanálů v HMG 3000. Můžou se zde aktivovat nebo deaktivovat kanály. Aktivní kanály jsou označeny značkou X. Na pravé straně je zobrazen rozsah, na který je senzor nastaven obr. 3.4.1.



Obr. 3.4.1 Seznam aktivních kanálů [1]



Obr. 3.4.2 Nastavení a popis snímače [1]

Je-li třeba detailněji popsat nebo nastavit rozsah měření atd., lze tak učinit výběrem rozsahu měření obr. 3.4.1. Zobrazí se menu jako na obr. 3.4.2. Výběrem položky „Designation“ (název) lze následně vepsat komentář. Přidat komentář lze ke každému senzoru zvlášť.

Ve druhé položce obr. 3.4.2 „Mode“ (mód) jsou na výběr dvě možnosti automatická detekce čidla nebo manuální nastavení čidla. Možnost automatické detekce využívají pouze Hydac senzory s funkcí automatické detekce. To jestli čidlo podporuje automatickou detekci je možno vyčíst ze štítku na čidle. Čidla s automatickou detekcí jsou na štítku označena zkratkou HSI. Manuální nastavení se používá pro čidla, která automatickou detekci nepodporují. Pro snímače bez automatické detekce je nutno prvně nastavit kanál, do kterého je snímač připojen. Nastavuje se rozsah a výstupní signál, aby přístroj zobrazoval tento snímač v seznamu snímačů. Není-li snímač nastaven, přístroj se bude chovat, jako by snímač nebyl připojen. Nicméně, je-li třeba, je možné nastavit manuálně i snímač s automatickou detekcí. V manuálním režimu se nastavují parametry obr. 3.4.3 „Input signal“ (vstupní signál), „Lower / Upper measurement range“ (horní a dolní rozsah měření), „Unit“ (jednotky, ve kterých se budou hodnoty snímat), „Decimal format“ (počet desetinných míst).

U vstupního signálu si lze vybrat mezi HSI signálem nebo mezi různými analogovými signály. Parametry, které je nutno zadat do přístroje, jsou vypsány na štítku snímače. Do 4. řádku se vepisuje spodní mez a do 5. řádku horní mez rozsahu měření snímače.

Channel A	
Designation	system pressure
Mode	Manual
Input signal	HSI (HydacSensorInterface)
Lower measurem. range	20
Upper measurem. range	100
Unit	bar
Decimal format	1 decimal place
Back	

Obr. 3.4.3 Parametry pro nastavení senzoru [1]

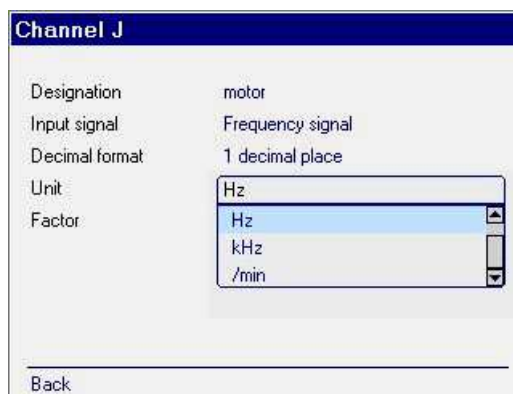
V 6. řádku obr. 3.4.3 se nastavují jednotky, ve kterých se budou data zapisovat. Nabízí se zde i možnost nadefinovat si vlastní jednotky výběrem možnosti „Own unit“ (vlastní jednotky) a vepsat například kPa obr. 3.4.4.

Channel A	
Designation	system pressure
Mode	Manual
Input signal	HSI (HydacSensorInterface)
Lower measurem. range	20
Upper measurem. range	100
Unit	kPa
Decimal format	Own unit
Back	

Obr. 3.4.4 Vepsání vlastních jednotek[1]

V posledním řádku této nabídky je položka „Decimal format“ (počet desetinných míst). Tímto se určí, na kolik desetinných míst se budou naměřené hodnoty zapisovat do paměti přístroje a zobrazovat během měření.

Při nastavování kanálů I a J bude nabídka položek odlišná oproti ostatním kanálům obr. 3.4.5, jelikož se jedná o digitální vstupy. Tyto kanály umožňují připojit snímače otáček nebo objemové průtokoměry. Stejně jako u vstupů pro čidla s analogovým signálem, lze ručně zadat vstupní signál, jednotky a počet desetinných míst obr. 3.4.5. Kromě těchto parametrů je třeba zadat i faktor, který je nezbytný pro přístroj, aby mohl převést naměřené hodnoty na požadovanou jednotku měření. U snímačů průtoku se hodnota faktoru vyčte ze štítku senzoru. U snímačů otáček, které snímají počet odrazů za otáčku, se faktor rovná počtu odrazů za otáčku.

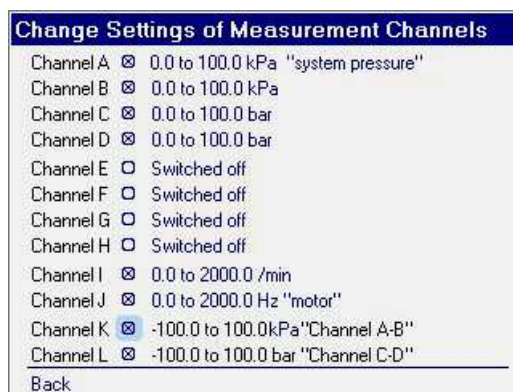


Obr. 3.4.5 Parametry pro nastavení digitálního kanálu [1]

3.5 Snímání rozdílů tlaku

Provádí se pomocí tzv. virtuálních diferenčních kanálů. Tyto kanály nejsou fyzicky připojeny, ale pracují na základě dvou fyzicky připojených snímačů.

Na obr. 3.5 jsou uvedeny kanály K a L, které jsou virtuální. Kanál K pracuje na základě snímaných hodnot z fyzicky připojených snímačů v kanálech A a B. Na stejném principu pracuje kanál L, který vyhodnocuje data z kanálů C a D. Aby bylo možné využívat této funkce je nutné, aby byly fyzicky zapojené snímače aktivní a musí mít stejné nastavení. Rozsahy měření u virtuálních kanálů nelze měnit, protože jsou přístrojem vypočítány z fyzicky připojených snímačů.

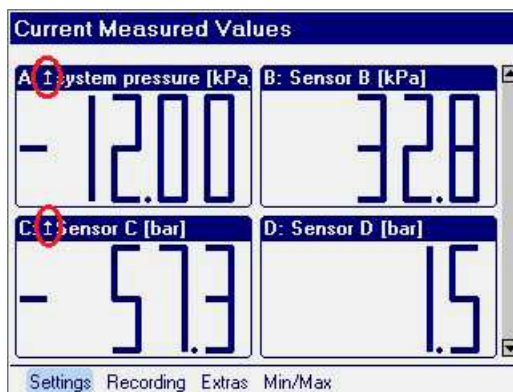


Obr. 3.5 Ukázka virtuálních kanálů [1]

3.6 Vynulování měřících kanálů

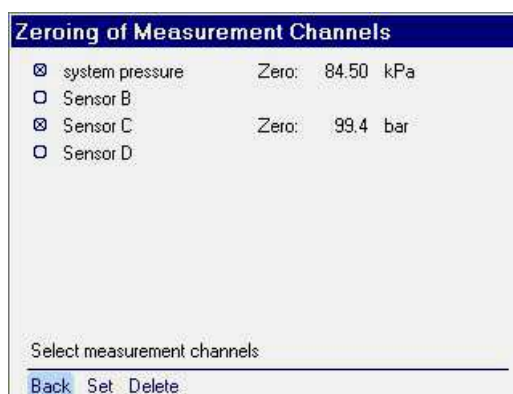
Vynulování snímačů se využívá k tomu, aby byly snímače vynulovány k okolním podmínkám, jako je například tlak. Volba na vynulování měřících kanálů se nachází v nabídce „Settings“ (nastavení) → „Zero measurement channels“ (vynulované měřící kanály). V této nabídce se zobrazí seznam aktivních snímačů obr. 3.6.2. Zde se vybere snímač, který je třeba

vynulovat. Vynulování se realizuje volbou „Set“ (nastavit) obr 3.6.3. Všechny snímače, které byly vynulovány, jsou označeny šipkou obr. 3.6.1. Vynulování lze kdykoliv odstranit volbou „Delete“ (smazat).



Obr. 3.6.1 Značení vynulovaných snímačů [1]

Při opětovném zapnutí přístroj vyzve uživatele, zda zachovat nulové body nebo je vymazat. Pro zachování nulových bodů se stiskne tlačítko OK, pro smazání tlačítko ESC.



Obr. 3.6.2 Vynulování snímačů [1]

Je-li třeba zjistit, které snímače byly vynulovány, tak se přejde do menu „Settings“ (nastavení), vybere se položka „Zero measurement channels“ (vynulované měřící kanály). Zobrazí se tabulka jako na obr. 3.6.2. Zde se zobrazí kanály, které jsou aktivní a dále i hodnota, o kterou byly kanály upraveny. Hodnota vynulování je zobrazena na pravé straně displeje obr. 3.6.2.

4. Možnosti měření

Měření lze provádět buď bez zaznamenávání do paměti, nebo se záznamem. Pokud bude zvolena volba měření bez záznamu, tak se nastaví pouze měřící kanály a aktuální měřené hodnoty se budou zobrazovat na displeji přístroje HMG 3000 v menu aktuálně měřených hodnot. Pokud však bude zvolena volba měření se záznamem, bude třeba nastavit druh záznamu měření a zvolený typ měření nastavit, jako je délka záznamu, atd.

4.1 Měření se záznamem

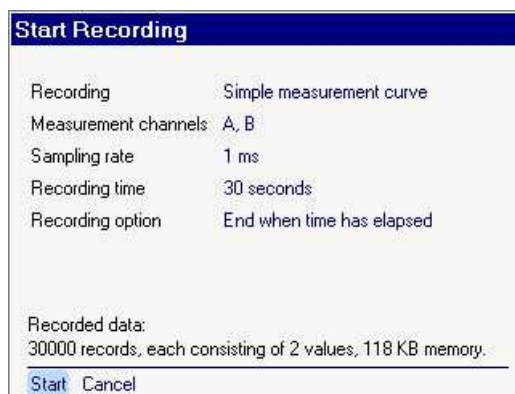
„Recording“ (nahrávání) volba v hlavním menu se používá pro zaznamenávání měřených dat, ze kterých je následně možno vytvořit graf nebo tabulku. Pomocí šipek vybrat volbu „Recording“ (nahrávání) a potvrdit tlačítkem OK. Dále vybrat možnost „Start recording“ (zahájit nahrávání) a potvrdit tlačítkem OK.

Poté se zobrazí menu pro zahájení nahrávání. Zde se zobrazuje výchozí nastavení (pokud je přístroj zapnutý poprvé).

Pro nastavení kritérií se postupuje následovně:

- 1) Nastavit typ nahrávání.
- 2) Vybrat kanály, ze kterých se budou ukládat data.
- 3) Zvolit „Sampling rate“ (vzorkovací frekvenci).
- 4) Zvolit „Recording time“ (dobu nahrávání).
- 5) Zvolit „Recording option“ (nastavení nahrávání).

Všechny uvedené body se nastavují pouze za použití šipek a tlačítka pro potvrzení OK. Ve spodní části obrazovky se zobrazí, kolik nahrávek bude zaznamenáno, kolik bude každý záznam obsahovat hodnot a celkovou velikost souboru obr. 4.1.



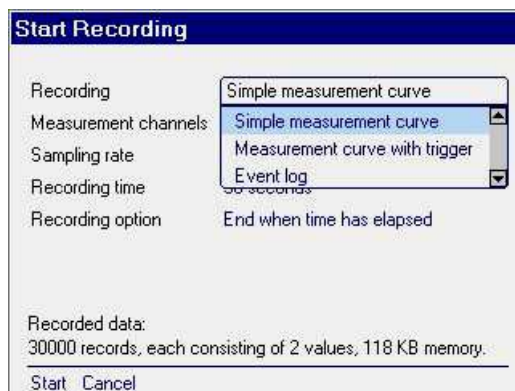
Obr. 4.1 Nastavené kritéria pro měření [1]

HMG 3000 nabízí tři základní druhy měření se záznamem. Těmi jsou:

- Simple measurement curve (jednoduché měření).
- Measurement curve with trigger (měření se spouští).
- Event log (protokol události).

4.2 Jednoduché měření

Jedná se o nejzákladnější možnost měření u toho přístroje. Pro zahájení měření se vybere v hlavním menu záložka „Recording“ (nahrávání) → „Start recording“ (zahájení nahrávání). Nyní se zobrazí menu jako na obr. 4.2.1. Nabízí se zde tři možnosti nahrávání: jednoduché měření, měření se spouští a protokol události. Pro jednoduché měření se vybere první možnost jako na obr. 4.2.1.



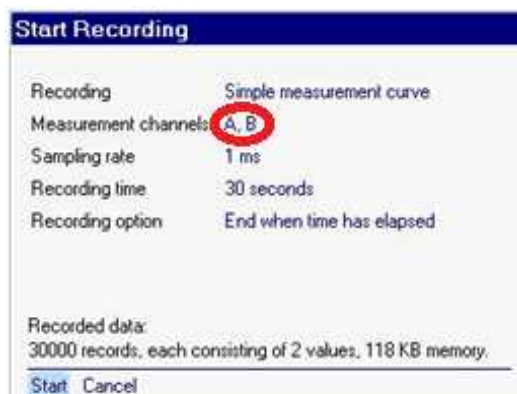
Obr. 4.2.1 Výběr položky jednoduchého měření [1]

Po zvolení typu měření bude třeba nastavit tyto položky:

- Měřicí kanály.
- Vzorkovací frekvenci.
- Dobu záznamu.
- Možnost zaznamenávání.

a) Měřicí kanály

V této položce obr. 4.2.2 se zobrazují aktivní kanály, ze kterých se budou zaznamenávat data během měření. Potřebné kanály k měření lze aktivovat nebo deaktivovat výběrem položky „Measurement channels“ (měřicí kanály).



Obr. 4.2.2 Měřicí kanály [1]

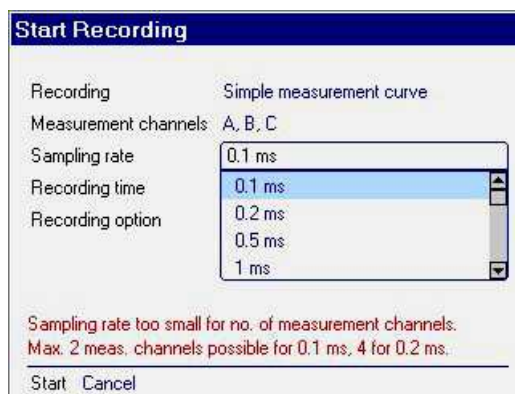
b) Vzorkovací frekvence

Tato položka „Sampling rate“ (vzorkovací frekvence) umožňuje nastavit rychlost, jakou bude HMG 3000 zaznamenávat naměřené hodnoty ze senzorů a ukládat je do paměti. Pokud se vybere například možnost 1 ms, znamená to, že každou sekundu bude zaznamenáno 1000 hodnot z každého aktivního senzoru. Nastavit lze různé hodnoty vzorkovací frekvence, avšak za předpokladu použití k tomu vhodného snímače. Tím je myšleno, že při nastavení vzorkovací frekvence například 0,1 ms musí být použito čidlo, které je schopno snímat data touto nastavenou rychlostí.

Je zde další omezení a to takové, že nelze překročit maximum zaznamenaných hodnot. Maximum je 500 000 hodnot. Po vybrání hodnoty vzorkovací frekvence se v dolní části displeje zobrazí informace, kolik bude nahrávka obsahovat hodnot a velikost využití paměti. Vzorkovací frekvence, kterou lze nastavit, je také závislá na počtu aktivních měřicích kanálů:

- 0,1 ms maximálně pro 2 analogové vstupní kanály.
- 0,2 ms maximálně pro 4 analogové vstupní kanály.
- 0,5 ms pro všech 10 vstupních kanálů.

Pokud se zvolí vzorkovací frekvence, kterou HMG 3000 není schopen zaznamenat, přístroj na to upozorní červeným textem ve spodní části displeje obr. 4.2.3.



Obr. 4.2.3 Vzorkovací frekvence [1]

c) Doba záznamu

„Recording time“ (doba záznamu) lze zvolit v rozsahu od 1 sekundy až po dobu 24 hodin.

d) Možnost zaznamenávání

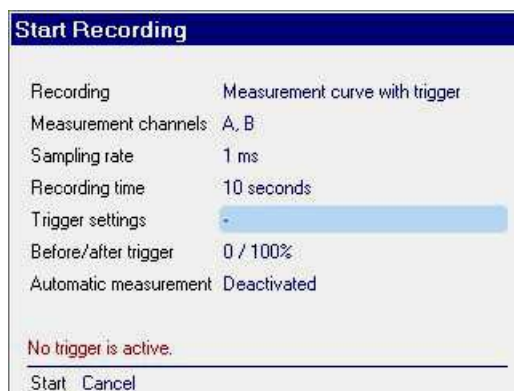
Možnosti, které lze použít u tohoto typu měření jsou:

- „End when time has elapsed“ (ukončit po uplynutí času).
- „Record continuously until terminated“ (zaznamenávat nepřetržitě až do ukončení).

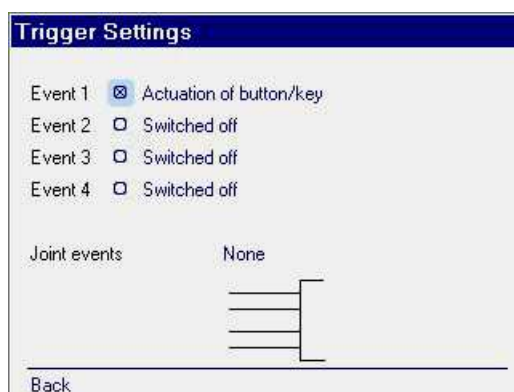
Zaznamenávat nepřetržitě až do ukončení znamená, že HMG 3000 bude při zahájení měření automaticky ukládat naměřené hodnoty do té doby, než bude měření ukončeno volbou STOP. Bude-li nastaven čas měření například na 30 sekund a měření bude ukončeno až po 50-ti sekundách, tak HMG 3000 uloží data za posledních 30 sekund měření a naměřená data starší 30-ti sekund jsou automaticky smazána.

4.3 Měření se spouštěčem

„Measuring curve with trigger (měření se spouštěčem) je další možnost zaznamenání dat. "Spouštěč" znamená, že ukládání dat po spouštěči se automaticky spustí, když nastane jedna nebo více specifických událostí. Tento typ měření zahrnuje více parametrů, než je u jednoduchého měření obr. 4.3.1. Dodatečnými parametry jsou: „Trigger settings“ (nastavení spouštěče), „Before/after trigger“ (před/po spoušti) a „Automatic measurement“ (automatické měření).

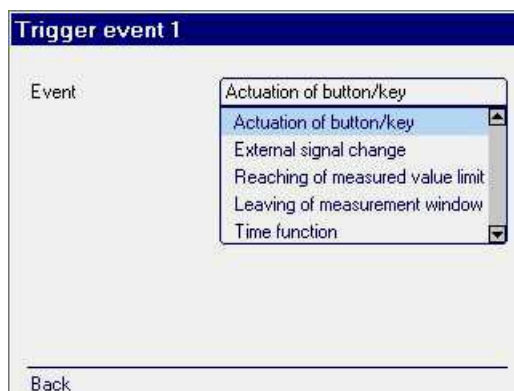


Obr. 4.3.1 Měření se spouštěčem [1]



Obr. 4.3.2 Nastavení spouštěče [1]

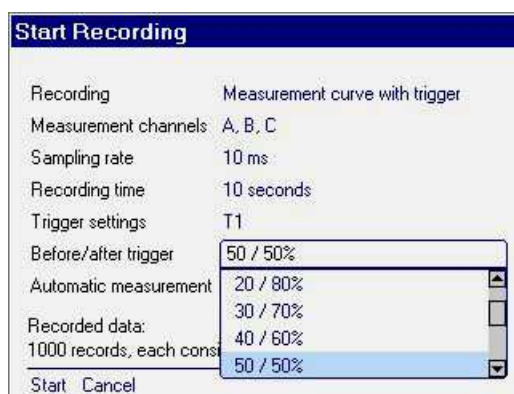
Výběrem položky „Trigger settings“ (nastavení spouštěče) bude přístroj zobrazovat nabídku obr. 4.3.2, kde je možno zadat až 4 spouštěcí události. Aktivovaná událost je zaškrtnuta značkou X. Výběrem položky „Actuation of button/key“ (stisknutí tlačítka/klíče) bude přístroj zobrazovat nabídku obr. 4.3.3, kde lze zvolit typ spouštěcí události. Těmi jsou: „Actuation of button/key“ (stisknutí tlačítka/klíče), „External signal change“ (změna externího signálu), „Reaching of measured value limit“ (dosažení limitu měřené hodnoty), „Leaving of measurement window“ (opuštění zadaného rozsahu), „Time function“ (časová funkce). Detailní popis spouštěčů je v kapitole 4.5.



Obr. 4.3.3 Zvolení události pro spouštěč [1]

a) Před / po spoušti

Další parametr, který je nutno nastavit u měření se spouští je „Before/after trigger“ (před/po spoušti) obr. 4.3.4. Tato položka určuje polohu spouštěče na časové ose. Po spuštění měření HMG 3000 začíná nahrávat naměřená data po dobu například 60 sekund. Pokud spouštěcí událost během této doby nenastane, tak nejstarší naměřené hodnoty budou nahrazeny nově naměřenými hodnotami až do té doby, než událost nastane. Volba před/po spoušti umožňuje zadat poměr, kolik procent naměřených dat bude uloženo v paměti před spouštěčem a kolik po spouštěči. To znamená, když se nastaví doba měření například 60 sekund a poměr 20/80%, tak bude zaznamenáno 12 sekund dat před spouští a pokud bude měření před spouštěčem trvat déle než 12 sekund, tak budou nejstarší data automaticky přepisována do té doby, než bude aktivována spoušť. Nahrávání dat po spouštěči pak bude ukončeno automaticky po 48 sekundách.



Obr. 4.3.4 Volba polohy spouštěče [1]

b) Automatické měření

Poslední volbou je „Automatic measurement“ (automatické měření). Tato volba může být aktivována nebo deaktivována. Pokud bude zvolena možnost deaktivováno, znamená to, že zaznamenání dat proběhne klasickým způsobem do jednoho grafu a měření bude ukončeno po dosažení času nebo volbou STOP. Když bude automatické měření aktivováno, znamená to, že po zahájení měření je možnost ihned v průběhu měření zahájit nové měření. Výběrem volby STOP se aktivuje zaznamenávání dat do nového souboru (grafu). To lze opakovat neomezeně. Nahrávání dat je možno definitivně ukončit volbou Autostop.

4.4 Protokol událostí

Je to typ měření, který nezaznamenává data v určitých krocích (vzorkovací frekvence), jako u předchozích typů měření. Zaznamenává pouze hodnoty do tabulky, které překročily například nastavenou mez. Tento typ měření je výhodný pro dlouhodobé měření. Například když je nutno zjistit, jestli stroj pracuje v rozmezí nastavených tlaků, tak se nastaví událost typu opuštění zadaného rozsahu a měření se nechá spuštěné například přes noc. Na druhý den se z přístroje vyčte, jestli došlo k vychýlení tlaku. Hodnoty, které byly mimo zadaný rozsah, se vypíší do tabulky s přesným časem, kdy k opuštění rozsahu došlo.

Tzv. spouštěcí události jsou stejné, jako u měření se spouštěčem a definují se stejným způsobem. Spouštěcími událostmi jsou: stisknutí tlačítka, změna výstupního signálu, dosažení limitu měřené hodnoty, opuštění zadaného rozsahu nebo časová funkce.

4.5 Typy událostí pro spouštěč

Spouštěč se nelze použít u jednoduchého měření. Používá se pouze u měření se spouštěčem a protokolu události. Možnosti, jak aktivovat spouštěč jsou:

a) Stisknutí tlačítka

Jedná se o nejjednodušší typ události „Actuation of button/key“ (stisknutí tlačítka), která se spouští v průběhu měření výběrem položky „Trigger“ (spouštěč) ve spodní části displeje. Výsledkem jsou naměřené hodnoty, které jsou rozděleny na časové ose před a po spuštění spouštěče. Data před spuštěním spouštěče jsou značena na časové ose se znaménkem mínus a data po spuštění spouštěče jsou značena kladně.

b) Změna externího signálu

Jedná se o automatickou aktivaci spouštěče změnou externího signálu. Změna externího signálu znamená, že je použit přímý proudový signál na jeden z frekvenčních vstupů (I nebo J) například pomocí spínacího tlačítka (spínací nebo rozpínací kontakt). Spouštěč pak může být aktivován přes spínací kontakt (rostoucí signál) nebo přes rozpínací kontakt (klesající signál).

c) Dosažení limitu měřené hodnoty

Tato spouštěcí událost „Reaching of measured value limit“ (dosažení limitu měřené hodnoty) spočívá v tom, že k vybranému kanálu se nastaví hodnota, při které se aktivuje spouštěč. Nejprve je třeba vybrat kanál, na který se nastaví spoušť „Measurement channel“,

poté nastavit hodnotu, při které se aktivuje spouštěč „Measured value“. Nakonec je třeba nastavit směr „Direction“ a to buď, že hodnota přesáhne zadanou hodnotu nebo pod zadanou hodnotu klesne.

d) Opuštění zadaného rozsahu

Tato funkce „Leaving of measurement window“ (opuštění zadaného rozsahu) je velmi podobná funkci dosažení limitu měřené hodnoty. V tomto případě se definuje spodní „lower“ a horní „upper“ limit. Jakmile naměřená hodnota nebude v nadefinovaném rozsahu, tak se aktivuje spouštěč.

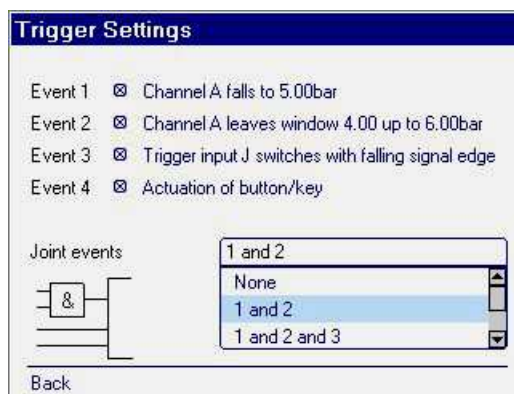
e) Časová funkce

Toto nastavení je užitečné pro měření, které se opakuje v určitých časových intervalech. V menu nastavení této události je třeba nastavit počet opakování měření „Repetitions“ a interval. V položce start je na výběr ze dvou možností a to start ihned „Start immediately“ nebo je možno nadefinovat datum a čas spuštění.

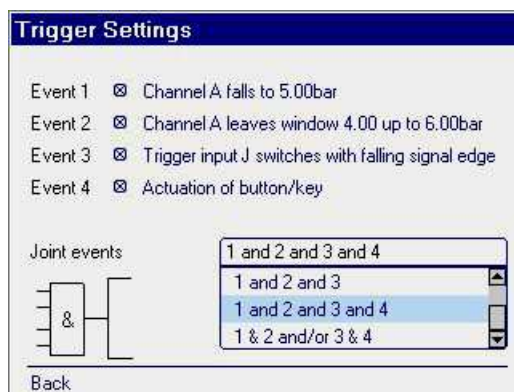
4.6 Propojení událostí

Spouštěcí události lze mezi sebou logicky propojovat. Pokud nejsou události propojeny, tak každá událost funguje jako samostatná spoušť pro aktivaci spouštěče. Propojit události lze výběrem z několika možností. Například propojení událostí 1 a 2, jako na obr. 4.6.1 znamená, že nahrávání po spouštěči se spustí současným výskytem události 1 a 2 nebo jednou z událostí 3 a 4. Výběrem možnosti jako na obr. 4.6.2 znamená, že všechny události musí nastat současně, aby bylo zahájeno zaznamenávání dat po spouštěči. Pokud se zvolí možnost jako na obr. 4.6.3, tak nastanou tři varianty, kdy bude spuštěno zaznamenávání dat:

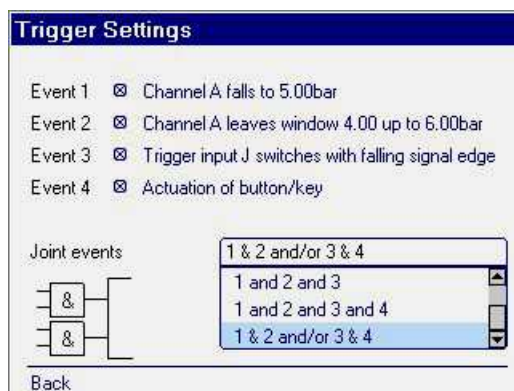
- a) Událost 1 a 2 se shodují.
- b) Událost 3 a 4 se shodují.
- c) Všechny události se vyskytnou současně.



Obr. 4.6.1 Typ propojení události [1]



Obr. 4.6.2 Typ propojení události [1]



Obr. 4.6.3 Typ propojení události [1]

Po nastavení všech kritérií pro měření se záznamem je možno začít s vlastním nahráváním do paměti přístroje výběrem položky Start. Displej bude zobrazovat průběh měření jako na obr. 4.6.4. Lišta funkcí nabízí možnost sledovat měření ve formě grafu výběrem možnosti „Graph“ (graf) viz obr. 4.6.5 nebo možnost zobrazit aktuální hodnoty v měřených místech výběrem možnosti „Meas. Values“ (měřené hodnoty).

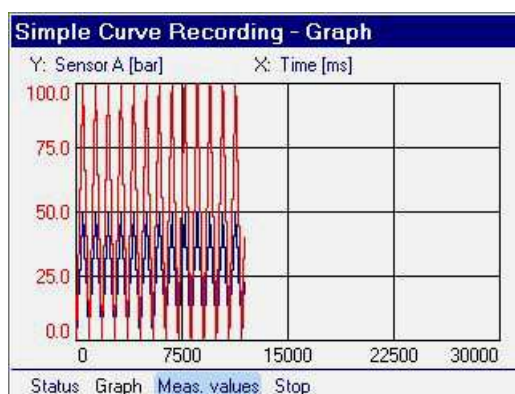
Simple Curve Recording - Status

Started at	15.09.05 10:40:08
Running since	16 sec.
Saved	15 sec. of 30 sec.
Records	15580 of 30000 (62 KByte)

Recording status: Wait for time to elapse.

Status **Graph** Meas. values Stop

Obr. 4.6.4 Průběh zaznamenávání dat [1]



Obr. 4.6.5 Průběh zaznamenávání dat ve formě grafu [1]

Jakmile je měření dokončeno, nabízí se v liště funkcí možnosti obr. 4.6.7 „Graph“ (zobrazení grafu), „Table“ (tabulka naměřených hodnot), „Save“ (uložit), „Discard“ (neukládat). Bude-li potřeba data z měření uložit, vybere se možnost „Save“ (uložit). HMG 3000 automaticky přiřadí jméno a číslo měření, které lze dle potřeby změnit a popřípadě přidat komentář obr. 4.6.6.

Save Current Recording

Name: plant pressure

Number: 10

Comment: pressure peaks in the range of

Note: The next number was assigned automatically.

Save Back

Obr. 4.6.6 Přidání komentáře k záznamu z měření [1]



Obr. 4.6.7 Volby v liště funkcí [1]

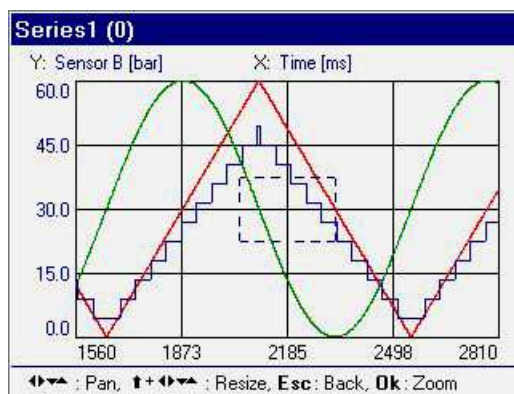
5. Vyhodnocení naměřených dat

Zaznamenaná data z měření lze vyhodnotit přímo v přístroji ve formě grafu nebo tabulky. Data lze také vyhodnotit v počítači pomocí software HMGWIN 3000, což je pohodlnější, ale mohou nastat případy, kdy nebude k dispozici počítač a data budou muset být vyhodnocena na přístroji HMG 3000.

5.1 Práce s grafy v HMG 3000

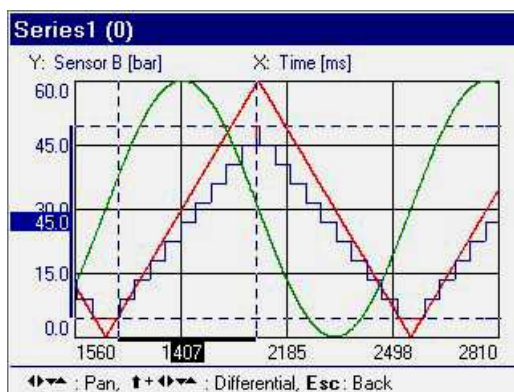
Po dokončení nahrávání dat do paměti přístroje, může být potřeba nahraná data zkontrolovat. Nahraná data lze zobrazit ihned po dokončení měření se záznamem. Pokud je nahrávka uložena do paměti přístroje, tak lze nahraná data zobrazit zpětně. Pro zobrazení nahrávek měření, které byly uloženy, se vybere položka „Recording“ (nahrávání) → „View recording“ (zobrazení nahrávky). Zde se zvolí požadovaná nahrávka dat a zobrazí se graf. Přístroj má několik nástrojů pro práci s grafy, což je velmi užitečné pokud není k dispozici počítač se software HMGWIN 3000. K dispozici je několik nástrojů:

- „Automatic“ – slouží pro automatické přiblížení.
- „Navigate“ – slouží pro pohybování se v prostředí grafu pomocí šipek.
- „Magnifier“ – po výběru této položky se zobrazí obdélník obr. 5.1.1, kterým lze pohybovat v prostorech grafu pomocí šipek. Přibližuje vybranou oblast. Velikost obdélníku lze regulovat pomocí kláves shift + šipky.



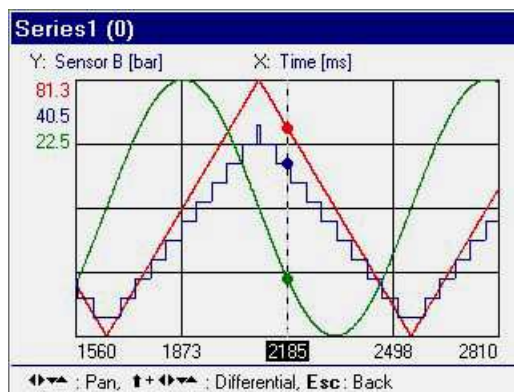
Obr. 5.1.1 Obdélník pro přiblížení [1]

- „Ruler“ – po výběru této položky se zobrazí dvě čárkované osy, se kterými lze pohybovat v prostorech grafu pomocí šipek. Na hlavních osách se zobrazují hodnoty, na které se osa vyskytuje. S přidržím klávesy shift + šipka se osa rozdělí a měří se vzdálenost os obr. 5.1.2.

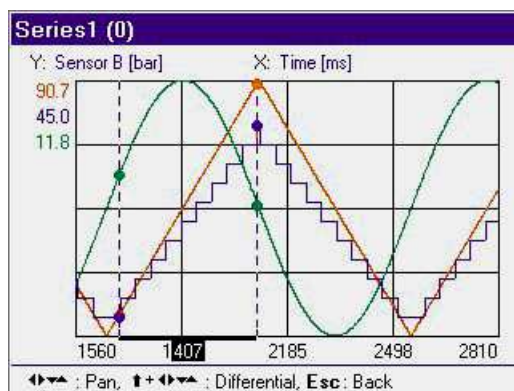


Obr. 5.1.2 Osy pro vyměření úseku [1]

- „Tracker“ – po výběru se zobrazí jedna vertikální osa, na které se zobrazují body křivek obr. 5.1.3. Osu lze rozdělít pomocí kláves shift + šipky (zobrazují se rozdíl hodnot) obr. 5.1.4.



Obr. 5.1.3 Zobrazení hodnot v určitém čase [1]



Obr. 5.1.4 Zobrazení rozdílů hodnot [1]

- „Display all“ – graf se zobrazí v původní velikosti.
- „Settings“ – zde lze skrývat křivky, měnit styl a barvu křivky, rozsah zobrazované oblasti.
- „Info“ – zde lze upravovat komentáře k grafu, zjistit detaily o měření jako je počet použitých snímačů, počet naměřených dat, atd.

6. Ukládání nastavení

Všechna nastavení měřících kanálů a nastavení měření se záznamem lze uložit a potom je později znovu načíst při opakovaném měření. Uložení nastavení se rozumí, že se uloží:

- Typ měření. Například měření se spouštěčem a detailní nastavení měření jako je délka měření, měřené kanály, nastavení spouštěčů, atd.
- Nastavení snímačů, rozsah měření snímačů, výstupní signál, popis snímačů, atd.

Funkci uložení nastavení lze najít v záložce „Settings“ (nastavení) → „Administer settings“ (správa nastavení). Zobrazí se položky viz obr. 6.1. Ve správě nastavení lze ukládat aktuální nastavení, načíst uložené nastavení, smazat uložené nastavení nebo obnovit HMG 3000 do továrního nastavení.



Obr. 6.1 Správa nastavení [1]

7. Software HMGWIN 3000

HMG 3000 je dodáván se software HMGWIN 3000 pro lepší komunikaci mezi HMG 3000 a PC. Slouží pro:

- Komunikaci mezi HMG 3000 a PC.
- Kopírování naměřených dat z HMG 3000.
- Ovládání HMG 3000 z PC.
- Otevírání souborů s příponou herf (naměřených dat).
- Převádění dat ze souborů s příponou herf do jiného formátu.
- Editaci grafů.
- Aktualizaci HMG 3000.

Pozn.: software je volně ke stažení na webových stránkách firmy Hydac www.hydac.com v sekci ke stažení.

7.1 Připojení HMG 3000 k PC

Přístroj se připojuje k počítači přes USB port. Je však možnost jej připojit i přes HMG sériový port RS232(COM). Nejprve však je třeba mít nainstalovaný software HMGWIN 3000, aby bylo možné kopírovat naměřená data z HMG 3000 do PC, popřípadě ovládat HMG 3000 přes PC. Pozn.: Může se stát, že bude přístroj fyzicky připojený přes USB do PC, ale software HMGWIN 3000 bude hlásit, že není připojený. V tom případě se musí nastavit zvolený komunikační port (USB) a nastavit jej, jak v HMG 3000 obr. 7.1 („Settings“ → „Change initial setup“ → „PC link“), tak v software HMGWIN 3000 (HMG 3000 → „Communication settings“).

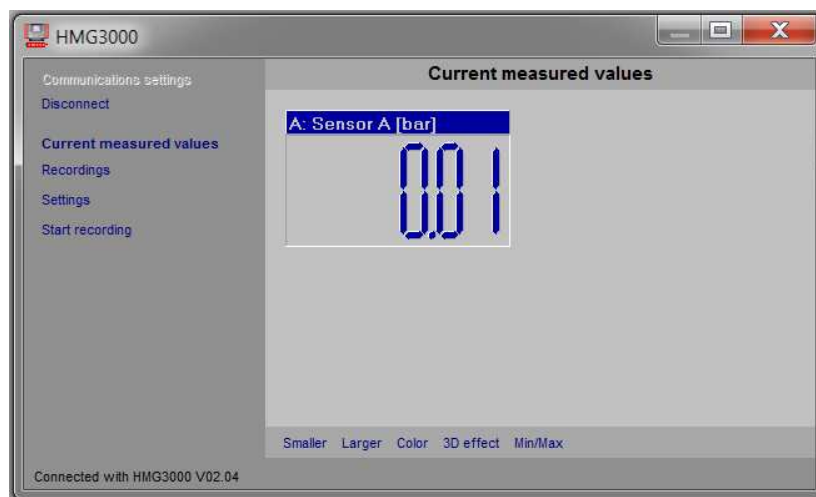
Pro nastavení komunikace mezi PC a přístrojem v software HMGWIN 3000 se klikne na položku HMG 3000. Otevře se nové okno. Dále se vybere položka „Communications settings“ (nastavení komunikace) a vybere se položka „Search“ (hledat). Software automaticky vyhledá aktivní port a vypíše ho. Aktivní port se vybere v záložce „Port number“ (číslo portu) a v záložce „Baud rate“ (přenosová rychlost) se zvolí možnost 460800 USB a potvrdí se položkou „Accept“ (přijmout). Pro zahájení komunikace mezi HMG 3000 a PC se vybere položka „Connect“ (spojit). Může se stát, že při první komunikaci se HMG 3000 s PC nebude moci připojit. V tom případě je třeba vyzkoušet všechny dostupné porty v software HMGWIN 3000. Pro další komunikaci mezi HMG 3000 a PC už není nutné nastavovat komunikační port, protože software si jej zapamatuje. Stačí tedy jen kliknout na položku „Connect“ (připojit) a komunikace bude zahájena.



Obr. 7.1 Nastavení připojení [1]

7.2 Ovládání HMG 3000 z PC

Tato funkce je výhodná, protože ovládání a nastavování funkcí v HMG 3000 přes tento software je rychlejší a přehlednější. Navíc umožňuje ukládat měřené data do PC bez využití paměti HMG 3000. To všechno za předpokladu, že je k dispozici PC. Prostředí v software je velmi podobné prostředí v HMG 3000 obr. 7.2.1.

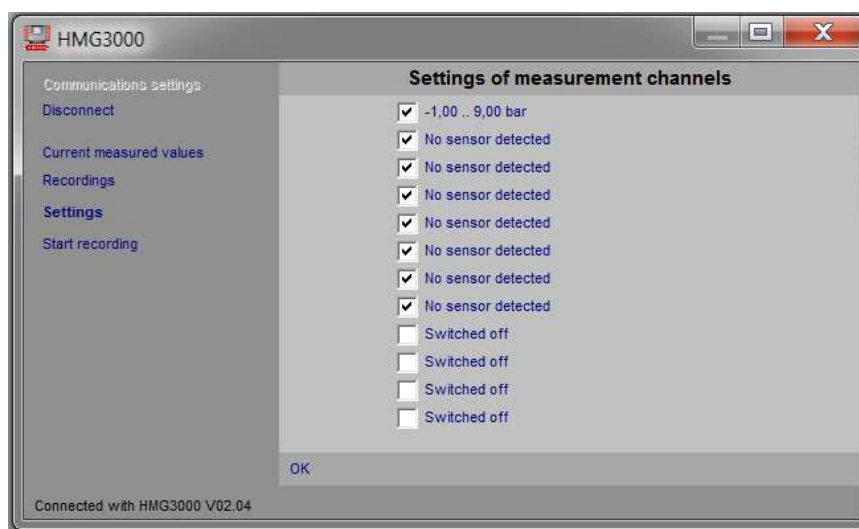


Obr. 7.2.1 Prostředí aktuálně měřených hodnot

„Current measured values“ (aktuálně měřené hodnoty) je položka, která již byla popsána výše. Ve spodní liště se nabízí funkce:

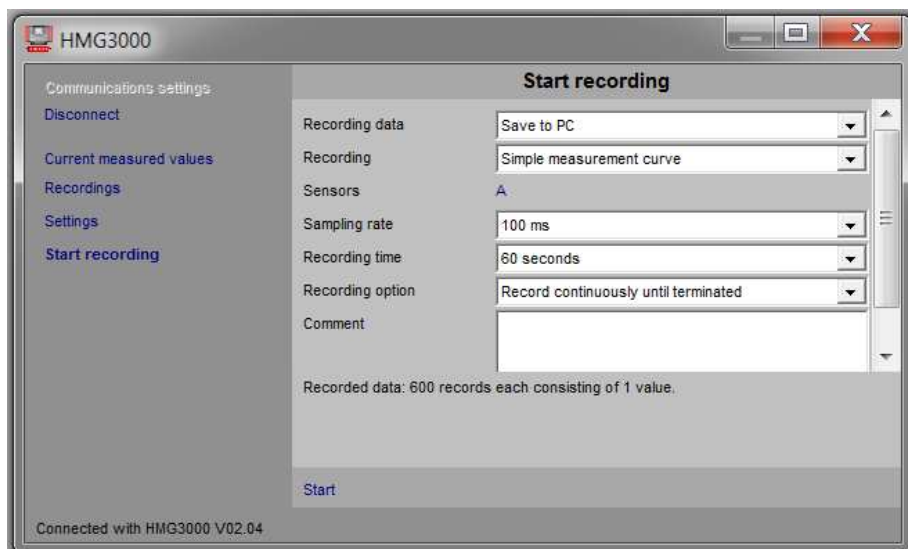
- „Smaller / Larger“ (zmenšit / zvětšit) zobrazení.
- „Color“ (barva) zobrazení.
- „3D effect“ (3D efekt) zobrazení.
- Min / Max – zobrazit minimum a maximum naměřených hodnot.

Na dalším obrázku 7.2.2 je zobrazeno prostředí položky „Settings“ (nastavení). Možnosti jsou stejné, jako u HMG 3000. Aktivovat / deaktivovat snímač, nastavit snímač atd. Kanál se nastavuje výběrem rozsahu měření.



Obr. 7.2.2 Prostředí pro nastavení snímačů

Položka „Start recording“ (zahájení měření) obr. 7.2.3 má také stejné možnosti, jako je u HMG 3000. Přibyla zde jedna položka „Recording data“ (nahrávaná data), kde je možnost zvolit ukládání dat do PC nebo do HMG 3000.

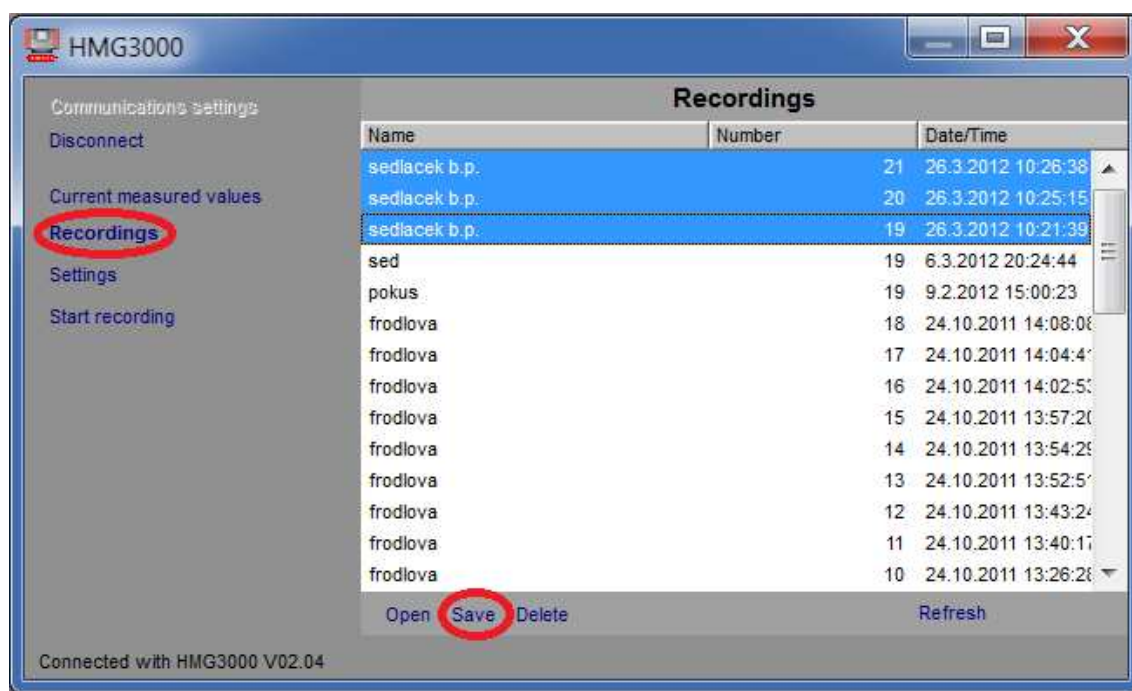


Obr. 7.2.3 Prostředí pro zahájení měření

„Recordings“ (nahrávky) slouží pro zobrazení jednotlivých nahrávek a také pro kopírování nahrávek do PC. Tato položka je detailněji popsána v následující kapitole.

7.3 Kopírování nahrávek z HMG 3000 do PC

Pro kopírování dat musí být nastavena komunikace mezi PC a HMG 3000. Postup pro nastavení je uveden v kapitole 7.1. Jakmile je přístroj připojen k PC vybere se volba „Recordings“ (nahrávky). Označí se nahrávky pro kopírování a pro zahájení kopírování se zvolí volba „Save“ (uložit) obr. 7.3.



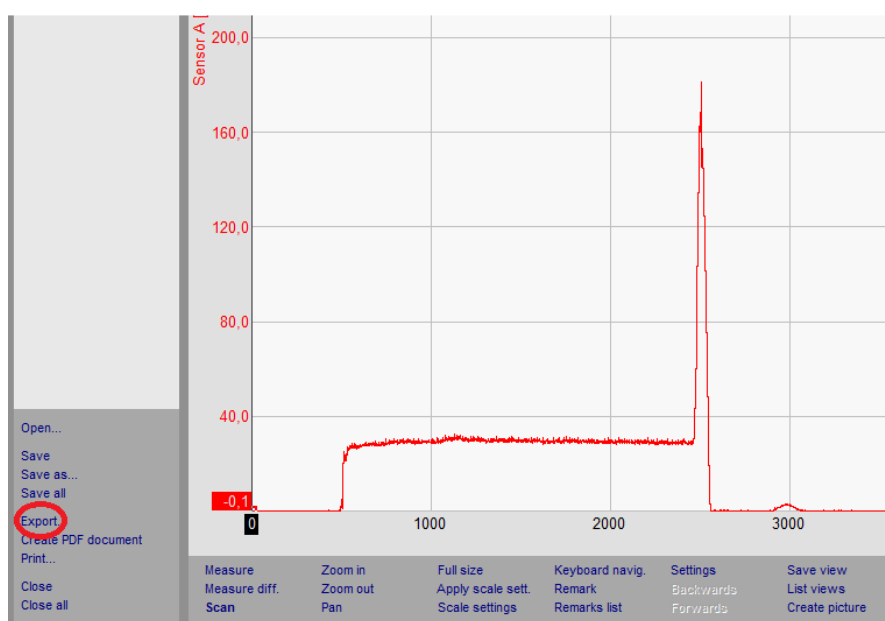
Obr. 7.3 Kopírování nahrávek do počítače

7.4 Převádění dat ze souborů s příponou herf do jiného formátu.

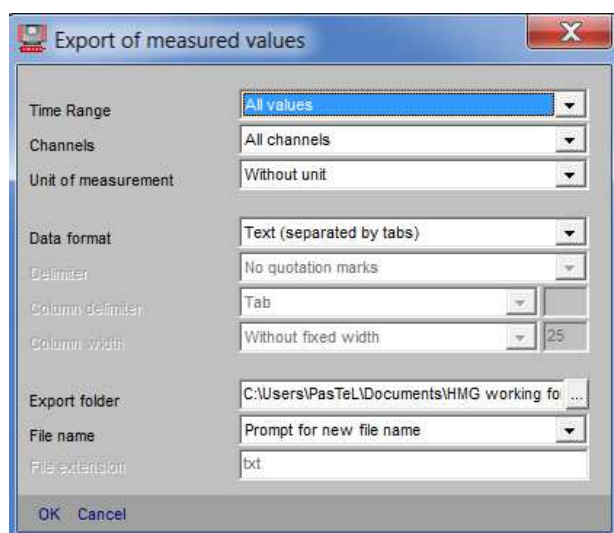
Nahrávky, které je třeba převést do jiného formátu, se otevřou v software HMGWIN 3000. Převést data lze do různých formátů, jak je popsáno níže. Dále se klikne na položku Export obr. 7.4.1 a zobrazí se tabulka obr. 7.4.2, kde je možno nastavit:

- „Time Range“ – časový rozsah (v grafu), který je třeba převést.
 „All values“ – všechny hodnoty.
 „Displayed time range“ – pouze hodnoty zobrazené v grafu v daném časovém rozsahu.
- „Channels“ – kanály, ze kterých je třeba převést data.
 „All channels“ – data ze všech kanálů.
 „Displayed channels“ – pouze hodnoty ze zobrazovaných kanálů.
- „Unit of measurement“ – zobrazení jednotek v převedeném souboru.
 „Without unit“ – jednotky nebudou zobrazeny v převedeném souboru.
 „Separate row“ – jednotky budou zobrazeny v převedeném souboru.
- „Data format“ – formát, do kterého budou data převedena.
 Podporované formáty: txt (poznámkový blok), csv (excel), prn nebo formát definovaný uživatelem.
- „Export folder“ – cesta, kde bude vytvořen převedený soubor.

- „File name“ – název převedeného souboru.
 „Keep name of recording“ – bude zachován název souboru, ze kterého jsou převáděna data.
 „Prompt for new file name“ – výzva k zadání nového názvu souboru.
 Pokud se zvolí možnost vlastního formátu souboru, bude možnost nastavit:
- „Delimiter“ – uvozovky/apostrofy, ve kterých bude každá hodnota nebo text.
 „No quotation marks“ – bez uvozovek/apostrofů.
 „Single quotation marks“ – apostrof.
 „Double quotation marks“ – uvozovky.
- „Column delimiter“ – oddělení sloupců.
 „Space“ – mezerou.
 „Tab“ – tabulátorem (větší mezera).
 „List separátor“ – středníkem.
 „Other“ – jiný zvolený oddělovač.
- „Column width“ – šířka sloupce.
 „Without fixed width“ – bez upravené šířky, sloupce budou odděleny pouze zvoleným operátorem.
 „Computed optimal width“ – vypočítaná optimální šířka, sloupce budou upraveny do přehledně upravených sloupců.
 „Fixed column width“ – upravená šířka sloupce, může se zadat vlastní hodnota mezery mezi sloupci.



Obr. 7.4.1 Výběr položky pro exportování souboru

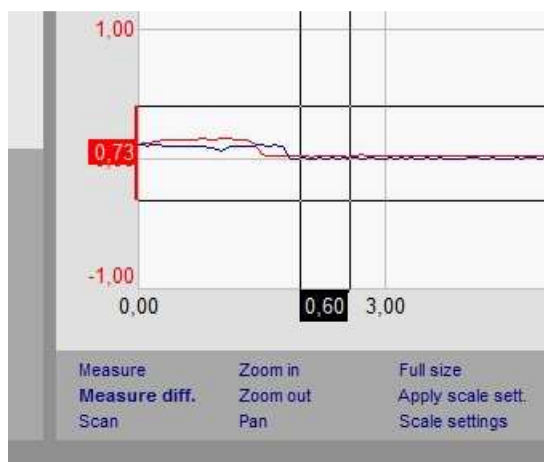


Obr. 7.4.2 Nastavení kritérií pro exportovaný soubor

7.5 Práce s grafy v HMGWIN 3000

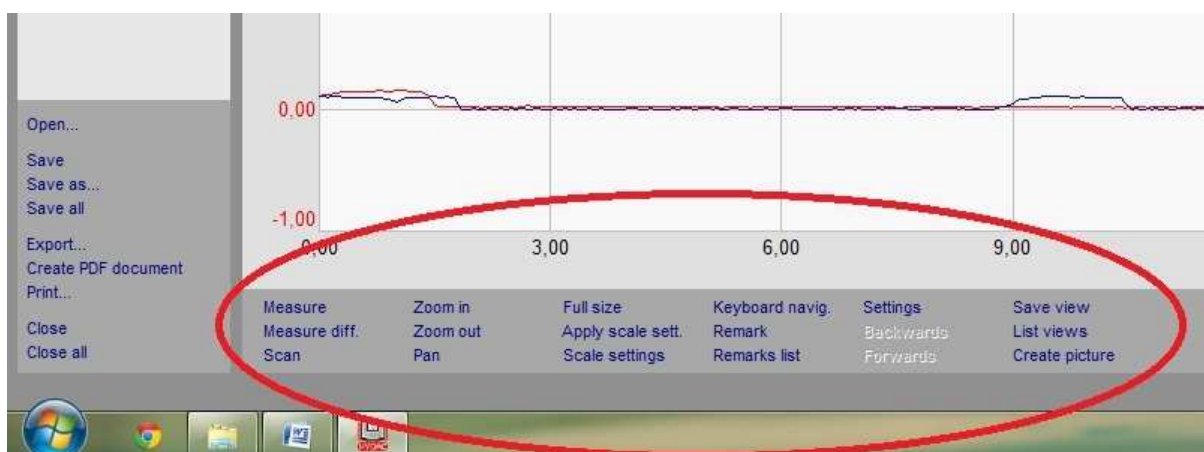
Po otevření nahrávek a následném zobrazení grafu v HMGWIN 3000 se může stát, že je graf nepřehledný nebo je nutné graf upravit. K tomu slouží nástroje, kterými je software vybaven obr. 7.5.2. Umožňuje zjistit přesné hodnoty v určitém čase obr. 7.5.1 a mnoho dalších úprav, které jsou popsány níže. Nástroje pro úpravu jsou:

- „Measure“ – tzv. pravítko. Po vybrání této volby se zobrazí dvě osy horizontální a vertikální, kterými lze volně pohybovat. Umožňují zjistit přesnou hodnotu, na které se osy nacházejí.
- „Measure diff.“ – tato volba umožňuje měřit vzdálenosti mezi osami obr. 7.5.1.



Obr. 7.5.1 Nástroj pro měření v grafu

- „Scan“ – zobrazí se osa, kterou lze volně pohybovat. Umožňuje zobrazit hodnoty při určitém čase. Přesný čas lze zadat do pravého spodního rohu ručně.
- „Zoom in“ – zvětšení grafu.
- „Zoom out“ – zmenšení grafu.
- „Pan“ – umožňuje graf uchopit a pohybovat s ním.
- „Full size“ – zobrazí se původní velikost grafu.
- „Keyboard navig.“ – umožňuje pohybování v grafu pomocí šipek.
- „Remark“ – umožňuje přidávat popisy k jednotlivým křivkám.
- „Remark list“ – seznam popisů v grafu. Tato volba umožňuje popisy z grafu vymazat.
- „Settings“ – umožňuje upravovat osy v grafu, jejich rozsah, zobrazované hodnoty, popis. Dále umožňuje měnit barvu křivek.
- „Backwards“ – krok zpět.
- „Forwards“ – krok vpřed.
- „Save view“ – umožňuje ukládat například přiblížené detaily v grafu.
- „List views“ – zobrazí seznam uložených pohledů. Tato volba umožňuje pohledy vymazat.
- „Create picture“ – umožňuje uložit graf do obrázku.



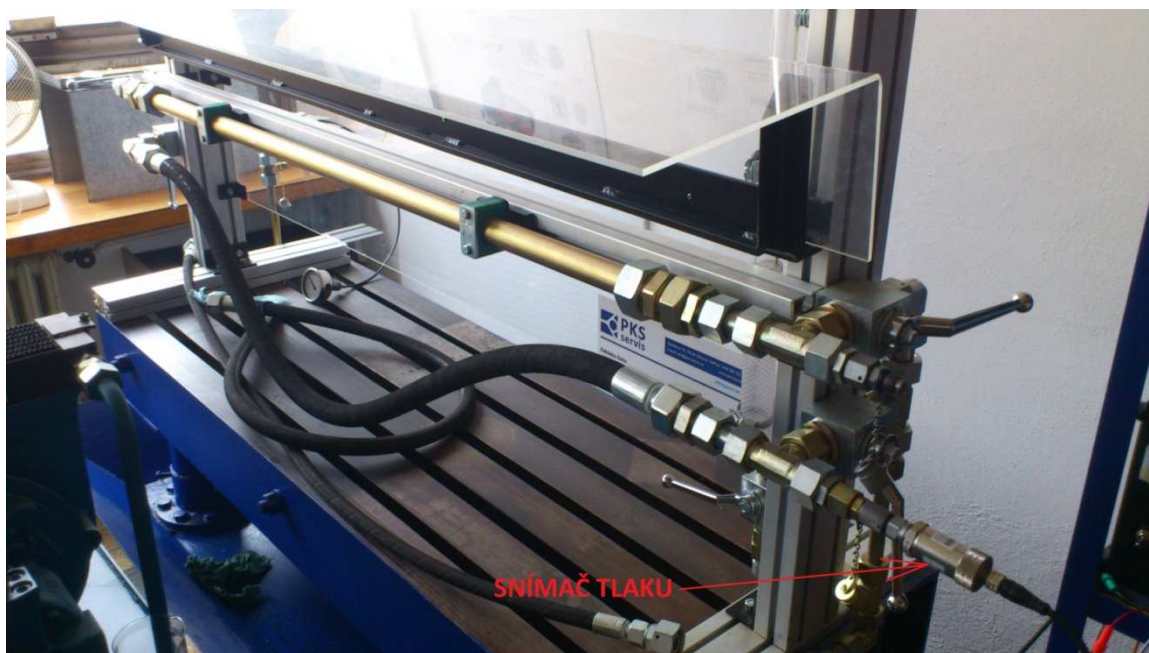
Obr. 7.5.2 Nástroje pro práci s grafy

8. Měření průběhu tlaku při plnění hadice a trubky kapalinou

Bylo realizováno měření tlaku při plnění hadice a ocelové trubky. Jedná se o měření na zkušebním zařízení pro stanovení modulu pružnosti oleje a hydraulického vedení.

8.1 Reálné zapojení

Na obrázku 8.1.1 jsou ukázány zkoušené prvky.



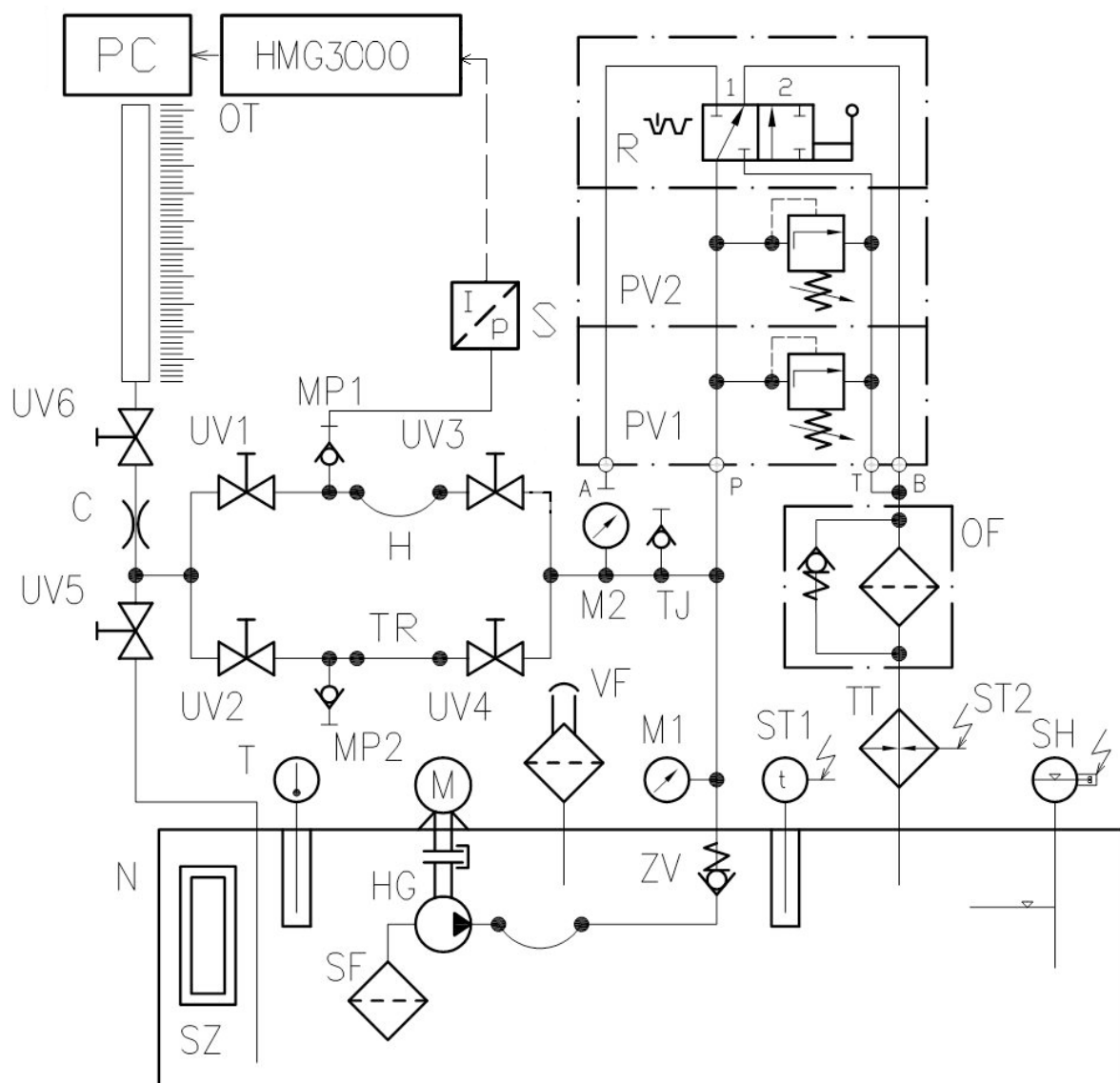
Obr. 8.1.1 Zapojení snímače a měřených prvků

Na obrázku 8.1.2 je zobrazeno kompletní zapojení pro měření a vyhodnocení výsledků.



Obr. 8.1.2 Zapojení měřícího přístroje a počítače

8.2 Schéma obvodu



Obr. 8.2. Schéma hydraulického obvodu [2]

8.3 Specifikace prvků

- hydrogenerátor HG: GHPA1-D-2, $Q = 2 \text{ dm}^3/\text{min}$, Marzocchi,
- pojistný ventil PV1: BS320C3001, Aron,
- pojistný ventil PV2: AM3VMPPM3003, Aron,
- rozváděč R: AD3L17FZD14, Aron,
- hliníková nádrž N: $V_N = 30 \text{ dm}^3$, MP Filtri,
- zpětný ventil ZV: $\Delta p = 0,3 \text{ bar}$, Aron,
- sací filtr SF: MP Filtri,
- odpadní filtr OF: MPS 050, filtrační vložka CS 070 A10 A, MP Filtri,

- teploměr T: DTU 0-120 C 250 mm, Metra Šumperk,
- topná spirála TT: typ 440990150, 220 V, 500 W, Backer elektro,
- manometry M1, M2: pr. 63 mm., rozsah do 400 bar, Italmanometri,
- kulové ventily UV1, UV2, UV3, UV4: V2MT 402.1014 JG 20S, Inteva,
- kulové ventily UV5, UV6: V2MT 402.1013 JG 15L, Inteva,
- skleněná trubice OT: vnitřní / vnější průměr: 9,8 mm / 13 mm, Vitrum,
- měřená hadice H: vysokotlaká hadice, HANSA – FLEX EN 853 SN 19 WP 250 bar x 1600 (světlost $d_H = 19$ mm, délka $l_H = 1,5$ m)
- ocelová trubka TR: 30x4, (délka $l_{TR} = 1,5$ m, světlost $d_{TR} = 22$ mm, tloušťka stěny $s_{TR} = 4$ mm, modul pružnosti $E_{TR} = 2,1 \cdot 10^{11}$ Pa),
- snímač S: snímač tlaku HDA, rozsah (0 ÷ 400) bar, přesnost měření $\pm 0,5$ %, HYDAC,
- univerzální měřicí přístroj HMG 3000: HYDAC,
- počítač PC.

8.4 Postup měření

- 1) Zapojení potřebných přístrojů pro měření (HMG 3000 a PC).
- 2) Výběr vhodných a potřebných snímačů a následné připojení snímačů k HMG 3000.
- 3) Vynulování snímače a následné připojení snímače do obvodu přes minimess přípojku (MP1 pro hadici a MP2 pro trubku).
- 4) Nastavení parametrů pro měření v přístroji HMG 3000.
- 5) Kontrola ventilu UV6, jestli je uzavřen.
- 6) Kontrola nastavení tlaku na pojistném ventilu PV1.
- 7) Přestavení rozváděče do polohy 1.
- 8) Spuštění agregátu.
- 9) Přestavení rozváděče do polohy 2.
- 10) Nastavení tlaku na pojistném ventilu PV2 na 160 bar. Nastavovaný tlak se zobrazuje na manometru M1.
- 11) Uzavření ventilu UV4 (pro měření hadice). Uzavření ventilu UV3 (pro měření trubky).
- 12) Spuštění měření na přístroji HMG 3000 a následné uzavření ventilu UV1 (pro měření hadice) nebo uzavření ventilu UV2 (pro měření trubky).

- 13) Po ustálení tlaku v měřeném místě ukončení měření v HMG 3000 a otevření ventilu UV1 případně UV2.
- 14) Vypnutí agregátu.
- 15) Uložení naměřených dat v HMG 3000.
- 16) Zkopírování naměřených dat do PC a následné vyhodnocení v software HMGWIN 3000.

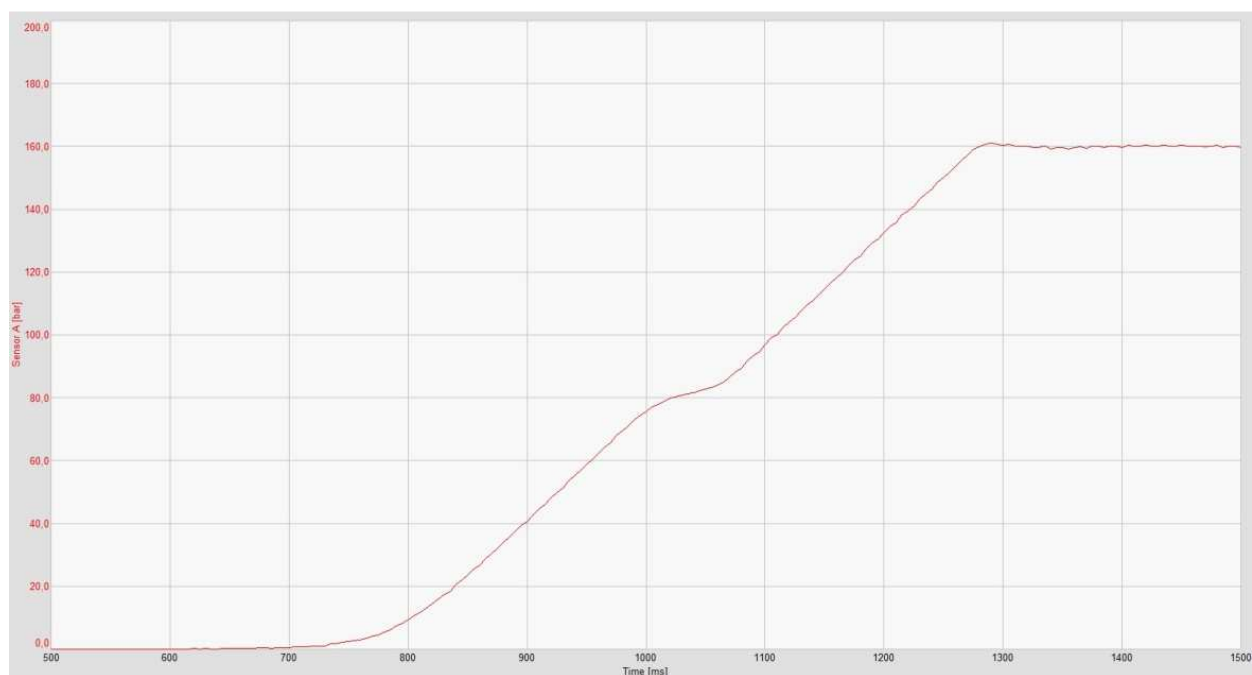
8.5 Měření pomocí HMG 3000

Ke snímání tlaku jsem volil tlakový snímač o rozsahu ($0 \div 400$) bar od firmy HYDAC s přesností $\pm 0,5$ %. Jednalo se o snímač s automatickou detekcí tzv. inteligentní čidlo, čili nebylo nutno nastavovat do přístroje jeho parametry. Snímač jsem zapojil do analogového vstupu A. Následně jsem vynuloval měřicí snímač a připojil snímač do měřeného obvodu. Postup pro vynulování snímače je popsán v kapitole 3.6. Pro toto měření jsem na HMG 3000 zvolil typ jednoduché měření (kapitola 4.2). Délku měření jsem zvolil 10 sekund a vzorkovací frekvenci 5 ms. Po dokončení měření jsem naměřené hodnoty v přístroji uložil.

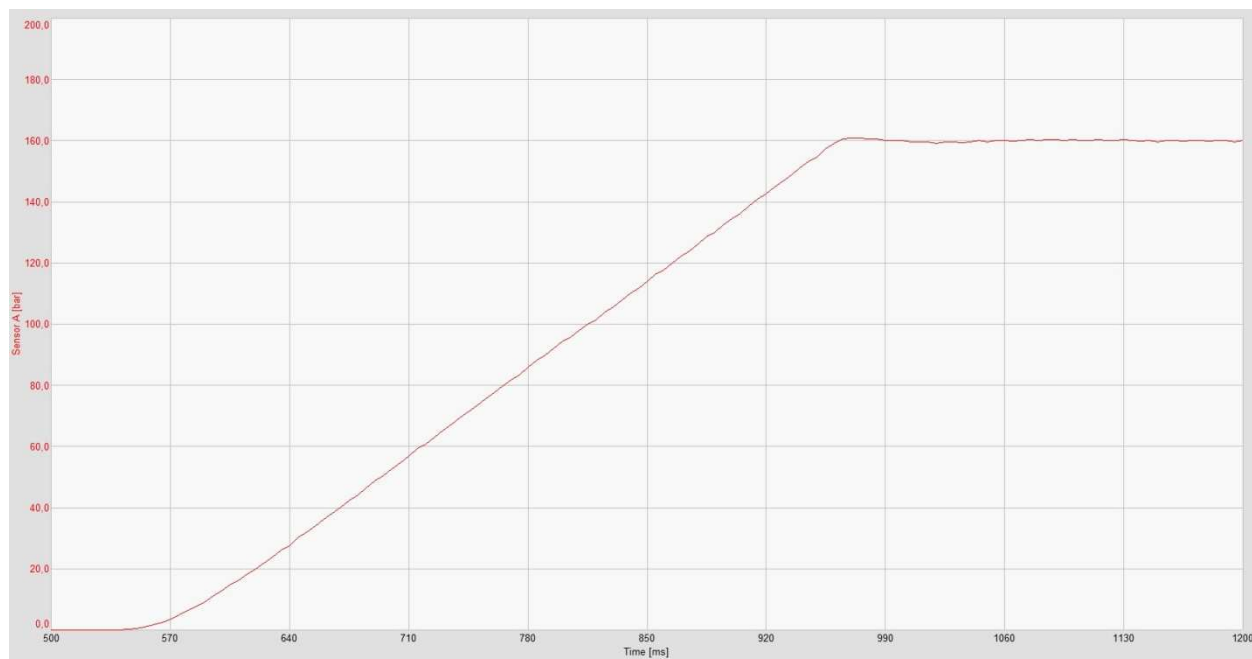
Abych mohl dále pracovat s naměřenými hodnotami, zkopíroval jsem je do PC pomocí software HMGWIN 3000. Postup pro ukládání dat z HMG 3000 do PC je uveden v kapitole 7.3. Následně jsem zkopírované soubory otevřel v software HMGWIN 3000 a zobrazil naměřená data v grafu. Grafy jsem upravil. Konkrétně jsem zkrátil časovou osu X, protože samotné plnění hadice a trubky trvalo asi 0,5 sekundy a taktéž jsem upravil osu Y, protože v grafu se zobrazoval rozsah tlaků ($0 \div 400$) bar (rozsah snímače) a tlak v systému byl nastaven na 160 bar. Detailní popis práce s grafy v HMGWIN 3000 je popsán v kapitole 7.5.

Data zkopírovaná do PC byly v souboru s příponou herf. Abych s daty mohl pracovat v jiném software, exportoval jsem je do formátu csv. Z exportovaných dat jsem vytvořil graf v software Microsoft Excel obr. 8.7.1, 8.7.2. Postup, jak převést naměřená data do jiného formátu je popsán v kapitole 7.4. Totožný postup byl aplikován pro měření trubky. Na obr. 8.6.1 a obr. 8.6.2 jsou zobrazeny naměřené hodnoty v prostředí software HMGWIN 3000 a na obr. 8.7.1 a 8.7.2 jsou zobrazeny naměřené hodnoty v prostředí software Microsoft Excel.

8.6 Grafy v HMGWIN 3000

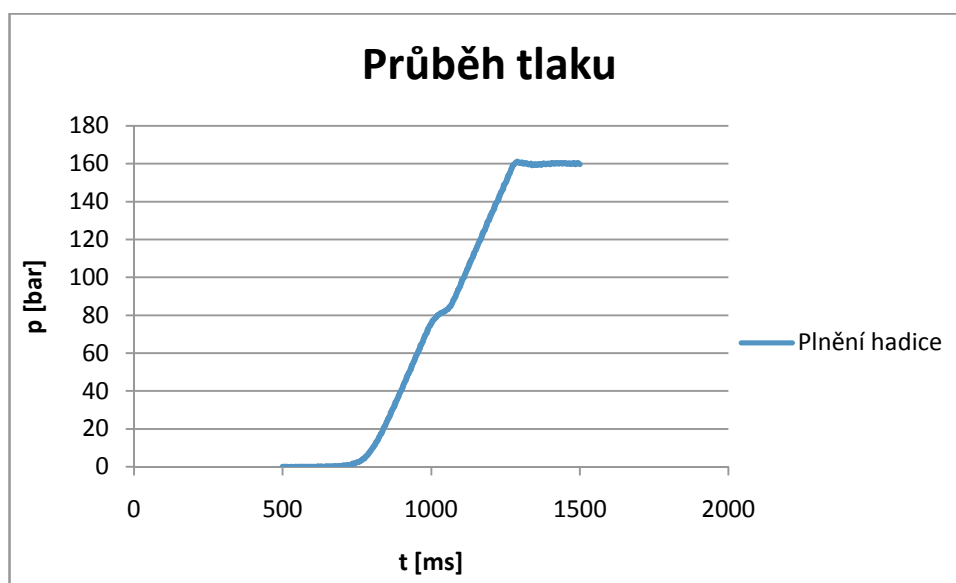


Obr. 8.6.1 Průběh tlaku při plnění hadice

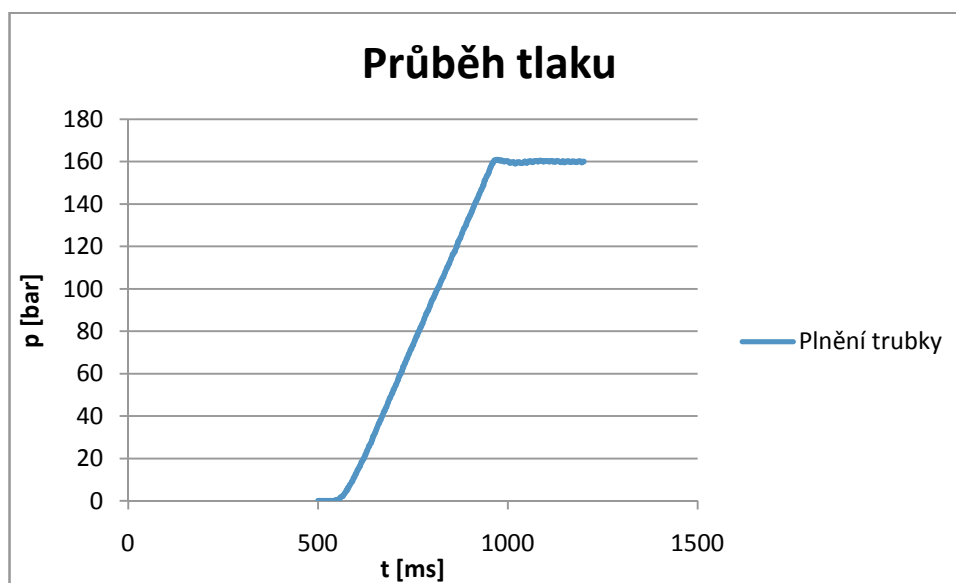


Obr. 8.6.2 Průběh tlaků při plnění trubky

8.7 Grafy vytvořené v software Microsoft Excel



Graf 8.7.1 Průběh tlaků při plnění hadice



Graf 8.7.2 Průběh tlaků při plnění trubky

Z grafů je patrné, že plnění hadice a trubky na 160 bar trvalo asi 0,5 sekundy a zhruba v polovině plnění došlo u hadice k mírnému roztažení vlivem pružnosti materiálu.

9. Návod do měření

- 1) Připojí se potřebné senzory k HMG 3000 Snímače rychlosti a průtoku do digitálních vstupů I - J. Snímače tlaku a teploty do analogových vstupů A ÷ D. (kapitola 3.2)
- 2) Nastaví se kanály, do kterých jsou snímače připojeny („Settings“ → „Change settings of measurement channels“). Pokud se jedná o HSI senzory, tak budou rozpoznány automaticky. I přesto je dobré, nastavení pro jistotu zkontrolovat. (kapitola 3.4)
- 3) Vynulování kanálů („Settings“ → „Zero measurement channels“ – zde se vyberou senzory, které je třeba vynulovat a vynulování se potvrdí výběrem možnosti „Set“). (kapitola 3.6)
- 4) Připojení senzorů do měřeného obvodu. (kapitola 3.1)
- 5) Nastavení zobrazení aktuálně měřených hodnot (vhodné pro měření bez záznamu). (kapitola 3.3)
- 6) Zahájení měření v případě měření bez záznamu (zobrazení na displej přístroje). V případě měření se záznamem se před vlastním měřením nastaví jeho parametry. (kapitola 4.)
- 7) Uložení definovaných parametrů měření a kanálů v případě potřeby pro příští měření („Settings“ → „Administer settings“ → „Save current settings“). (kapitola 6.)
- 8) Spuštění měření se záznamem.
- 9) Uložení záznamu výběrem položky „Save“.
- 10) Vyhodnocení dat v přístroji v případě, že nebude nutné data vyhodnocovat v PC (kapitola 5.). V případě vyhodnocování dat v PC propojit HMG 3000 přes USB kabel s PC a spustit software HMGWIN 3000. Pro nastavení komunikace mezi PC a přístrojem v software HMGWIN 3000 se klikne na položku HMG 3000. Otevře se nové okno. Dále se vybere položka „Communications settings“ (nastavení komunikace) a vybere se položka „Search“ (hledat). Software automaticky vyhledá aktivní port a vypíše ho. Aktivní port se vybere v záložce „Port number“ (číslo portu) a v záložce „Baud rate“ (přenosová rychlost) se zvolí možnost 460800 USB a potvrdí se položkou „Accept“ (přijmout). Pro zahájení komunikace mezi HMG 3000 a PC se vybere položka „Connect“ (spojit). Může se stát, že při první komunikaci se HMG 3000 s PC nebude moci připojit. V tom případě je třeba vyzkoušet všechny dostupné porty. Pro další komunikaci mezi HMG 3000 a PC už není nutné nastavovat komunikační port, protože software si jej zapamatuje. Stačí tedy jen kliknout na položku „Connect“ (připojit) a komunikace bude zahájena.
- 11) Kopírování dat z přístroje do PC. (kapitola 7.3)
- 12) Vyhodnocení naměřených dat v HMGWIN 3000. (kapitola 7.4, 7.5)

10. Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval popisem přístroje HMG 3000 a popisem měření pomocí tohoto přístroje. Popsal jsem vnější ovládací prvky na přístroji a jednotlivé vstupní kanály pro připojení snímačů. Dále jsou v bakalářské práci uvedeny druhy snímačů od výrobce Hydac, které lze připojit k přístroji a realizovat pomocí nich měření.

V této bakalářské práci je popsáno prostředí v přístroji HMG 3000 a funkce, které tento přístroj nabízí. Byly popsány úkony, které jsou podstatným krokem před zahájením vlastního měření, jako je nastavení snímačů, vynulování kanálů, nastavení zobrazení aktuálních měřených hodnot a nastavení vlastního měření. Tato bakalářská práce obsahuje také možnosti měření a jejich důkladný popis, aby byl uživatel schopen využívat všechny typy měření, které tento přístroj nabízí. V kapitole 5. je vysvětleno, jak vyhodnotit data přímo v tomto přístroji bez použití počítače.

Software HMGWIN 3000 je nezbytný pro vyhodnocení dat v počítači, proto je tomuto tématu věnovaná podstatná část bakalářské práce. Jsou zde vysvětleny kroky, jak nastavit komunikaci mezi počítačem a přístrojem přes tento software. Byly popsány jednotlivé funkce, které slouží pro editaci grafů, jak ovládat přístroj HMG 3000 a vlastní měření bez využití paměti přístroje pomocí tohoto software. Dále byly popsány kroky pro převádění naměřených hodnot do jiného formátu a další možnosti, které lze využít při převádění.

V další části této bakalářské práce je provedeno měření tlaků měřícím přístrojem HMG 3000 na zkušebním zařízení pro měření modulu pružnosti kapaliny a hydraulického vedení. Byl změřen plnicí tlak v závislosti na čase při plnění ocelové trubky a hadice. Pro toto měření byl použit inteligentní snímač o rozsahu měření (0 ÷ 400) bar, s přesností $\pm 0,5$ %. Naměřené hodnoty byly uloženy do paměti přístroje a následně vyhodnoceny v počítači pomocí software HMGWIN 3000.

Byl vyhotovený stručný návod do měření, který obsahuje jednotlivé kroky, jak postupovat při měření s přístrojem a zpracování naměřených veličin pomocí software HMGWIN 3000. V návodu jsou odkazy na jednotlivé kapitoly, kde jsou detailněji rozepsány kroky pro postup.

Výsledkem této práce je návod do měření pro diagnostiku hydraulického obvodu.

11. Seznam použité literatury

- [1] HYDAC ELECTRONIC GMBH. *Portable data recorder HMG 3000, Manual*. Saarbrücken, Mat.- Nr.:669712, 67 s. manuál.
- [2] HRUŽÍK, L. *Experimentální úlohy v tekutinových mechanizmech*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 61 s. ISBN 978-80-248-1912-9.
- [3] KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha: SNTL, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.
- [4] HYDAC [online] 2011 [cit. 2011-12-12]. <<http://www.hydac.com/de-en/products/measurement-display-and-analysis-tools/measuring-instruments/handheld-measuring-instruments/hmg-3000.html>>. Dostupné z WWW: <<http://www.hydac.com>>.
- [5] WILL, D.; GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2008, 4. vyd., 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.
- [6] HYDAC ELECTRONIC GMBH. *Electronic Pressure Transmitter with HSI Sensor Recognition HDA 4748-H*. [online]. Saarbrücken, 2 s., <<http://www.hydac.com/de-en/products/measurement-display-and-analysis-tools/accessories/hand-measuring-instruments-accessories/accessories-hmg-500-3000/sensors-accessories/hda-4748-h-with-hsi-sensor-recognition.html>>, Mat.- Nr.: E18.332.1/03.11.
- [7] HYDAC ELECTRONIC GMBH. *Electronic Flow Rate Transmitter with HSI Sensor Recognition EVS 3100-H/ EVS 3110-H*. [online]. Saarbrücken, 2 s., <<http://www.hydac.com/de-en/products/measurement-display-and-analysis-tools/accessories/hand-measuring-instruments-accessories/accessories-hmg-500-3000/sensors-accessories/evs-31x0-h-with-sensor-recognition.html>>, Mat.- Nr.: E18.334.1/03.11.
- [8] HYDAC ELECTRONIC GMBH. *Electronic Temperature Transmitter with HSI Sensor Recognition ETS 4548-H*. [online]. Saarbrücken, 2 s., <<http://www.hydac.com/de-en/products/measurement-display-and-analysis-tools/accessories/hand-measuring-instruments-accessories/accessories-hmg-500-3000/sensors-accessories/ets-4548-h-with-hsi-sensor-recognition.html>>, Mat.- Nr.: E18.333.1/03.11.
- [9] GOLDSTEIN, I.; RICHARD, J. *Fluid mechanics - Measurements*. Berlin: Springer-Verlag, 1983. 617 s. ISBN 3-540-12501-9.
- [10] PIVOŇKA, J. A KOL. *Tekutinové mechanismy*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. 617 s.

- [11] HYDAC ELECTRONIC GMBH. *Accessories for Service Instruments*. [online]. Saarbrücken, 3 s., <<http://www.hydac.com/de-en/products/measurement-display-and-analysis-tools/accessories/hand-measuring-instruments-accessories/accessories-hmg-500-3000/other-accessories.html>>, Mat.– Nr.: E18.364.1/03.11.
- [12] DIAGNOSTIKA HYDRAULICKÝCH SOUSTAV [online] 2001 [cit. 2011-10-12]. <http://www.agroweb.cz/Diagnostika-hydraulickych-soustav_s46x9180.html>. Dostupné z WWW: <<http://www.agroweb.cz>>.
- [13] HYDAC ELECTRONIC GMBH. *Contamination Sensor*. [online]. Sulzbach / Saar, 4 s., <<http://www.hydac.com/de-en/products/sensors/contamination-sensors/cs-1000.html>>, Mat.– Nr.: E7.958.1/11.10.
- [14] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy díl 2*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 139 s. ISBN 978-80-248-1827-6.